LA NATURE

REVUE DES SCIENCES ET DE LEURS APPLICATIONS



L'ÉLECTROLYSE DU SEL

Préparation du diaphragme d'une cellule Hooker (*Photo* LUEDEKE, Buffalo).

N° 3230 – Juin 1954 — Revue mensuelle — Le Numéro : 200 francs

Actualités et informations

L'oxyde de zirconium pour le polissage du verre

L'oxyde de cérium utilisé pour le polissage des verres et pièces d'optique est de plus en plus remplacé par des produits moins coûteux, tels que le « Zirox B », fabriqué aux États-Unis, et le « Zedox B », fabriqué en Angleterre.

Le Zedox B est une forme d'oxyde de zirconium et se présente comme une poudre blanche dont les particules sont de l'ordre du micron. Ce produit, exempt de plomb et d'une densité de 5 g/cm³, forme de lui-même des suspensions dans l'eau ordinaire, ou dans une solution à 0,25 pour 100 d'alginate de soude lorsqu'on rencontre certaines difficultés à maintenir une bonne suspension ; 100 g de Zedox B par litre d'eau ou de solution fournissent un excellent liquide à polir.

*
* *

Un nouvel abattoir à volailles, à Watton at Stone, près de Hertford en Grande-Bretagne, peut traiter de 1 500 à 2 000 volailles par jour. On utilise un bain de paraffine pour l'enlèvement des bases des plumes et du duvet. Il s'écoule moins de cinq minutes entre le sacrifice et l'enlèvement des dernières plumes. Après réfrigération, les volailles sont classées et enveloppées individuellement dans du papier paraffiné, puis sont, soit expédiées pour la vente au détail, soit congelées et conservées à — 18° C.

*
* *

En Australie, à Melbourne, le radar est utilisé pour déterminer la direction des courants marins. Les ingénieurs chargés de l'urbanisme de la région peuvent ainsi choisir les points convenables pour l'évacuation des eaux usées de la ville.

*
* *

Un nouveau pont basculant en aluminium a été construit dans le port d'Aberdeen. Ses dimensions sont modestes (33 m entre tourillons et 23 m de passage), mais il présente des caractéristiques intéressantes par leur nouveauté. D'abord, la partie mobile est en alliage d'aluminium, ensuite l'équilibrage parfait est assuré dans toutes les positions, grâce à une came. Enfin, c'est la première fois que l'on utilise dans une construction semblable des rivets en aluminium de grandes dimensions.

SOMMAIRE

La production française en fibres artificielles

Au cours de l'année 1953, la production française de rayonne et de fibranne a augmenté considérablement par rapport à 1952. Il a été produit 47 000 t de rayonne (contre 41 000) et 45 000 t de fibranne (contre 33 000). Des deux procédés (viscose et acétate), le premier l'emporte de loin : il fournit 41 000 t de rayonne et 44 000 t de fibranne. Les exportations de rayonne ont augmenté, passant de 8 000 à près de 11 000 t d'une année à l'autre, mais celles de fibranne ont légèrement décru, revenant de 5 300 à 4 700 t. Les importations sont négligeables, ne dépassant guère quelques centaines de tonnes.

*
* *

Une usine d'acide sulfurique équipée pour une production annuelle de 100 000 t et contrôlée automatiquement est en construction à Adélaïde, dans le sud de l'Australie. Elle est destinée à la fabrication de superphosphate pour l'agriculture.

Nouvel alliage pour les outils de coupe

Le « Carboloy-370 », alliage composé de tungstène, titane, tantale et cobalt (densité 12,6, dureté 91 dans l'échelle Rockwell A), mis au point par la General Electric Company (U. S. A.), est utilisé pour la fabrication des outils de coupe. Ce nouveau carbure conserve toute sa rigidité et élimine les déformations de l'angle de coupe des outils jusqu'à des températures de 980° C ; avec cet alliage, les opérations d'usinage peuvent être augmentées de 30 pour 100, tout en assurant à l'outil une durée de vie d'au moins 50 pour 100 plus élevée dans des conditions de travail sévères et en dépit des températures et pressions élevées qui sont développées.

*
* *

L'année 1953 a marqué un record dans la construction de nouvelles usines de produits chimiques aux États-Unis. Cette industrie a dépensé 1,8 milliard de dollars pour son développement, soit, par rapport à 1950, une augmentation de 135 pour 100, qui s'applique, par ordre d'importance, aux produits du pétrole et des gaz naturels, aux produits organiques synthétiques, aux matières plastiques et élastomères, aux produits pour l'agriculture, puis aux produits divers.

*
* *

Au Canada, les capacités de fabrication de l'industrie chimique sont en augmentation rapide. Le tonnage de la production est actuellement à l'indice 185 contre 100 pour la moyenne des années 1935-1939. On prévoit une augmentation de 50 pour 100 d'ici 1960 et un doublement de la production actuelle d'ici 1975. On estime que cette augmentation portera surtout sur les matières plastiques, les produits pharmaceutiques, les engrais, les solvants, les produits de nettoyage et les fibres synthétiques.

*
* *

La création d'entrepôts frigorifiques pour pommes dans la région au sud-est de Montréal, au Canada, a aidé singulièrement à la commercialisation de la récolte. En Colombie Britannique, région très éloignée des marchés, les entrepôts frigorifiques peuvent traiter 90 pour 100 de la récolte moyenne de pommes : 5 à 6 millions de bushels, soit environ 110 à 130 t.

LA NATURE

Revue mensuelle

DUNOD, Éditeur

92, rue Bonaparte, PARIS-6°

C. C. P. Paris 75-45 — Tél. DAN. 99-15

ABONNEMENTS 1954

France et Union f^se : un an : 2 000 francs six mois : 1 000 francs

Etranger (sauf Belgique et Luxembourg) : un an : 2 500 francs six mois : 1 250 francs

Belgique et Luxembourg : un an : 325 f belges six mois : 163 f belges

Changement d'adresse : 30 F en timbres-poste français ou l'équivalent en monnaie étrangère

N° 3230 Juin 1954

LA NATURE

Les bouilleurs nucléaires et la propulsion dite atomique

Au lendemain de Hiroshima, spécialistes et profanes rivalisèrent dans l'élaboration de projets plus ou moins fantaisistes de locomotion de l'ère atomique. Un peu plus tard, lorsque la technique des piles atomiques fut en partie dévoilée ([1]), l'enthousiasme fit place à un certain scepticisme. La pile atomique apparut coûteuse, d'un rendement aléatoire, et surtout d'un poids et d'un encombrement considérable, encore aggravés par les obligatoires murs de béton qui protègent les manipulateurs contre les radiations mortelles.

Puis, un jour de l'année 1950, un des documents semestriels de la Commission américaine de l'énergie atomique (A. E. C.) fit mention d'un certain « bouilleur atomique » qui était aux essais à Los Alamos. Avant de décrire les appareils de ce genre et d'examiner leurs conditions d'emploi, il convient de rappeler en quelques mots ce qu'est une pile atomique.

1. H. D. Smyth. *Rapport sur l'utilisation de l'énergie atomique.* Trad. de M. E. Nahmias. Éditions de la Revue d'Optique, Paris, 1948.

On sait que l'utilisation de l'énergie nucléaire est fondée sur le phénomène de la fission en chaîne, soit de l'uranium 235, soit du plutonium 239. Les gisements naturels contiennent trois isotopes de l'uranium : les uraniums de masses atomiques 238, 235 et 234 y figurent respectivement dans les proportions de 99,27 pour 100, 0,71 et 0,06 pour 100. L'U 234 est actuellement sans intérêt.

Le phénomène de la fission se produit lorsqu'un neutron pénètre dans un noyau d'U 235 (ou de plutonium). L'atome se scinde alors en deux morceaux, libérant en même temps une grande quantité d'énergie et de deux à trois neutrons qui pourront à leur tour pénétrer des noyaux, d'où la possibilité de la réaction en chaîne.

L'uranium 238 ne donne pas lieu au phénomène de la fission. Un neutron peut être absorbé par le noyau d'U 238, portant la masse atomique à 239 ; puis un électron négatif (rayon β) est expulsé : la charge positive du noyau (qui mesure le numéro atomique) se trouve

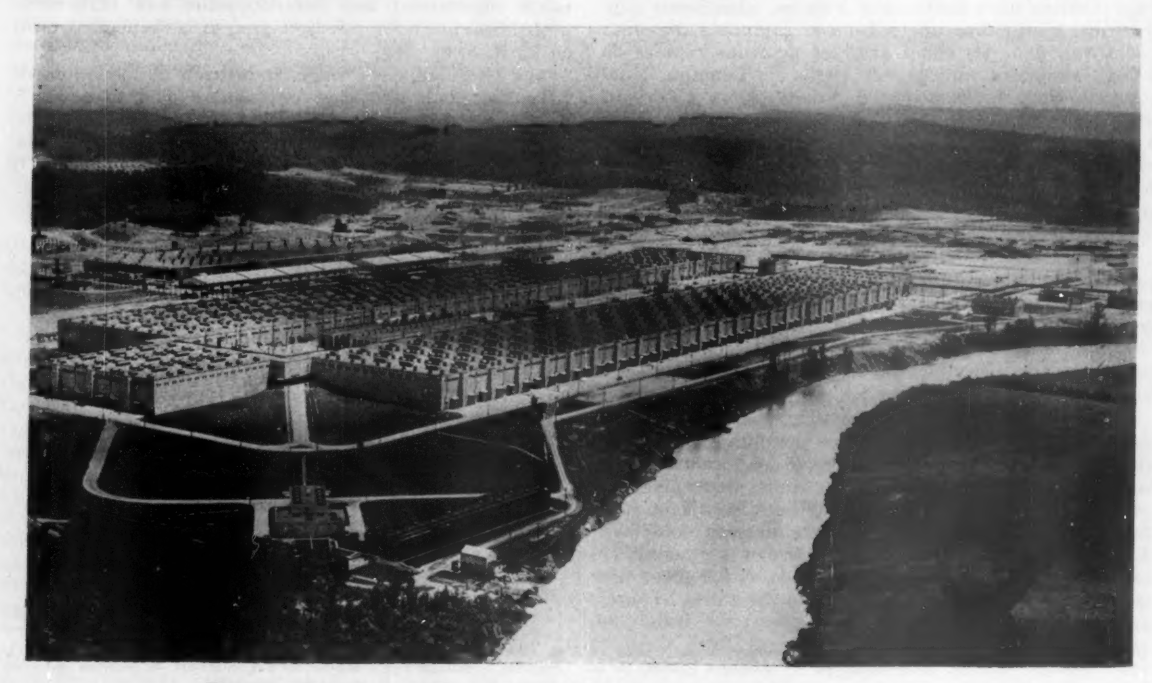


Fig. 1. — ***Les usines atomiques d'Oak Ridge*** *(Photo Service d'information des États-Unis).*

élevée d'une unité ([1]) et on assiste ainsi à la naissance d'un nouvel élément, le neptunium ${}^{93}_{239}\mathrm{Np}$. Cet élément, radioactif β et d'une période de 2,3 jours, émet à son tour un électron négatif et se transforme en plutonium ${}^{94}_{239}\mathrm{Pu}$ (radioactif α, période : 24 000 ans) qui, comme ${}^{92}_{235}\mathrm{U}$, entre en fission après absorption d'un neutron.

Les noyaux d'atome occupant un volume infime par rapport aux espaces qui les séparent, la plupart des neutrons émis à l'intérieur d'un petit volume d'uranium ou de plutonium vont se perdre à l'extérieur. Cette proportion des neutrons perdus diminue lorsque la masse augmente. Pour que la réaction en chaîne s'établisse et se maintienne, il suffit que le nombre d'atomes soit tel que, sur les deux ou trois neutrons émis dans une fission, il y en ait au moins un en moyenne qui soit absorbé et donne une nouvelle fission. Au-dessus de cette proportion, la réaction peut devenir explosive. Il y a donc une *masse critique*, tant pour l'uranium que pour le plutonium, au-dessus de laquelle cette réaction explosive est prévisible. Cette masse critique dépend naturellement aussi de la forme prise par la matière fissible. On peut aussi en diminuer la valeur en disposant à la périphérie un « réflecteur » (graphite, oxyde de béryllium) qui a pour effet de renvoyer au sein de la masse une partie des neutrons échappés.

Au sein d'une pile atomique, les deux phénomènes que nous venons de rappeler (fission et transformation de l'uranium en plutonium) se poursuivent simultanément. La matière première est en général un mélange d'U 238 et d'U 235, que l'on peut « enrichir » en U 235. Les fissions d'U 235 fournissent les neutrons ; les uns sont employés à entretenir la réaction en chaîne dans l'U 235, les autres à transformer l'U 238 en plutonium. Le rendement des fissions d'U 235 et de Pu 239 est beaucoup plus élevé avec des neutrons de faible vitesse. La pile doit donc contenir un « modérateur » ou un ralentisseur » de neutrons, c'est-à-dire une substance composée d'atomes légers qui, dans les chocs avec les neutrons rapides de fission, absorbent une grande partie de l'énergie cinétique de ceux-ci. Beaucoup d'atomes légers absorbant facilement les neutrons, le choix est limité : on emploie le graphite ou l'eau lourde. Un autre dispositif essentiel est destiné à empêcher toute réaction explosive : ce sont des « barres de contrôle » en acier au bore ou au cadmium, corps très avides de neutrons, dont l'introduction dans la pile permet de régler le taux des fissions.

Rien n'empêche de remplacer, dans les piles, l'U 235 par du plutonium, qui devient ainsi l'initiateur de sa propre fabrication. Cependant, pour des raisons de contrôle du fonctionnement et pour des raisons d'ordre chimique intervenant au moment de l'extraction du plutonium et de l'élimination nécessaire des produits de fission, on préfère alimenter les piles en uranium 235.

Les fissions dégagent une grande énergie et il faut constamment évacuer la chaleur qu'elles accumulent, chaleur qui entraverait rapidement le fonctionnement de la pile par augmentation de la vitesse des neutrons. C'est cette énergie qu'on a d'abord songé à utiliser. Mais, étant donné tous les éléments qui entrent dans la confection d'une pile, la masse critique est très élevée et se chiffre ici par centaines de tonnes. Au poids et à l'encombrement de l'uranium, du ralentisseur et des autres organes, il faut ajouter, comme nous l'avons dit, les épaisseurs de béton qui protègent le voisinage contre les radiations. Les piles ne sauraient constituer que des installations fixes, concevables tout au plus dans un grand bâtiment comme un transatlantique ou un cuirassé.

Comme nous venons de le voir, la pile atomique est à la fois une usine à plutonium, utilisant l'uranium comme matière première, et un générateur de neutrons obtenus par fissions. Un bouilleur atomique met en jeu principalement le deuxième phénomène ; il est en somme comparable à une bombe atomique où la réaction en chaîne, étroitement surveillée, ne pourrait pas devenir explosive. Il se contente d'un poids d'uranium 235, ou de plutonium, inférieur au kilogramme, dans un volume de moins de 20 litres Les deux premiers bouilleurs atomiques (fig. 2 et 3) ont fonctionné à Los Alamos ; il en existe maintenant une demi-douzaine aux États-Unis, probablement en Grande-Bretagne, et certainement aussi en U. R. S. S.

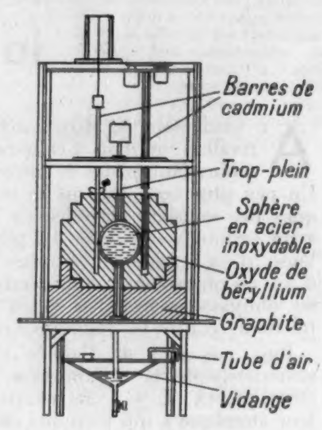


Fig. 2. — *Schéma du bouilleur nucléaire « Lopo » (Low Power) de Los Alamos.*
La sphère reçoit 15 litres d'une solution de sulfate d'uranyle contenant 580 g d'U 235, 3 378 g d'U 238, 534 g de S, 14 068 g d'O, 1 573 g d'H et 1 100 g de Fe. Ce bouilleur fonctionne à faible puissance sans refroidissement.

Aux U. S. A., des groupes industriels de l'aviation, de l'électricité, du gaz, etc., ont obtenu de l'A. E. C. le prêt de ces quelques centaines de grammes de combustible nucléaire, et procèdent déjà, comme la North Aviation, à des essais de toutes sortes. L'Université de la Caroline du Nord est la première université à bénéficier également d'un tel prêt. Son bouilleur est en fonc-

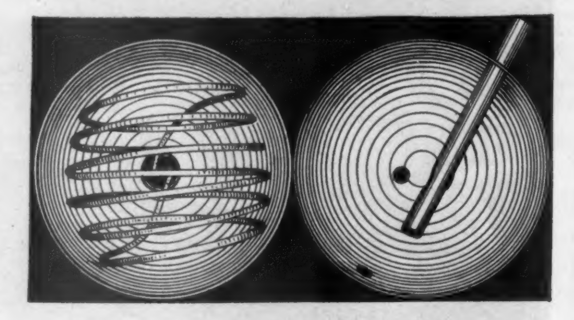


Fig. 3. — *Bouilleur nucléaire « Hypo » (High Power) de Los Alamos.*
La sphère reçoit 13,65 litres d'une solution de nitrate d'uranyle contenant 869,6 g d'U 235, 5 341 g d'U 238, 731 g de N, 13 780 g d'O, 1 312 g d'H et 3 000 g de Fe. L'eau de refroidissement circule dans le serpentin ; la conduite diamétrale sert à utiliser les flux intérieurs de neutrons qui atteignent 10^{11} par cm^2/s.

1. L'émission β, conduisant sans changement de masse à un élément de numéro atomique supérieur, est présentée par de nombreux produits de la fission ; voir le tableau II.

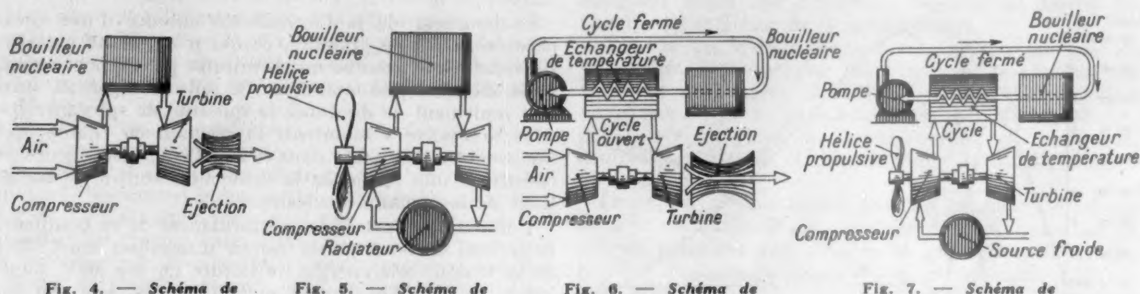


Fig. 4. — *Schéma de turboréacteur nucléaire à cycle ouvert unique.*

Fig. 5. — *Schéma de propulseur nucléaire à cycle fermé unique.*

Fig. 6. — *Schéma de turboréacteur nucléaire à cycle binaire ouvert.*

Fig. 7. — *Schéma de propulseur nucléaire à cycle binaire fermé.*

tionnement depuis juillet 1953 et de nombreux travaux ont déjà été publiés par ce groupe.

Il est évident, même aux yeux du moins averti, qu'une véritable révolution est en train de s'accomplir sous nos yeux. S'il était concevable de placer une pile atomique à bord d'un cuirassé ou d'un transatlantique, il était très difficile de trouver une place à un tel engin à bord d'un sous-marin ou d'un Super-Constellation. Avec le bouilleur nucléaire tous les espoirs sont permis. Le sous-marin atomique est aujourd'hui une réalité et le *Nautilus* ou le *Sea Wolf* ont probablement des répliques en U. R. S. S. L'avion propulsé par des turbo-réacteurs nucléaires (fig. 4 à 7) verra certainement le jour avant 1955. Des bases arctiques ou désertiques sont peut-être déjà alimentées en courant électrique par une centrale nucléaire en miniature. Pour peu que les négociations « atomiques » entre les U. S. A. et l'U. R. S. S. aboutissent à un accord, de gros stocks de combustible nucléaire, actuellement sous formes de bombes et obus atomiques, se trouveraient libérés des servitudes militaires et provoqueraient un véritable « boom » dans l'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire. Car du point de vue économique, les armements atomiques ont au moins cette supériorité sur les armements classiques que non seulement toutes les études faites pour les obtenir et les fabriquer, mais aussi les usines et à peu de chose près tout l'outillage et toutes les matières produites à des fins militaires peuvent ici servir, sans « reconversion » très compliquée, à des usages pacifiques.

Nous sommes donc arrivés au stade où un examen attentif peut être accordé à la question de la propulsion dite atomique. Voyons donc de près comment est constitué un bouilleur nucléaire.

Description d'un bouilleur nucléaire. — Nous allons suivre la description de celui de l'Université de la Caroline du Nord (O. R. O., 33, U. S. A. E. C., Dept du Commerce, Washington, D. C.). La figure 8 le représente schématiquement. Il est constitué par un cylindre en acier inoxydable de 27,2 cm de diamètre et de 27 cm de hauteur. Son volume est donc inférieur à 16 litres. Les bouilleurs de Los Alamos (fig. 2 et 3) sont sphériques et présentent un rapport surface/volume plus petit que celui du cylindre : il y a moins de pertes de neutrons par la surface d'une sphère et, partant, moins de combustible nucléaire à l'intérieur de celle-ci pour maintenir une réaction en chaîne.

On avait trouvé que 764 g d'U 235 étaient suffisants pour atteindre le stade critique de la chaîne de fissions dans un bouilleur sphérique de Los Alamos. On avait ajouté quelques 75 g pour rendre le bouilleur plus nerveux et pour pouvoir aussi introduire dans son sein des canalisations et autres objets qui absorbent des neutrons. Ces 839 g d'U 235 étaient sous forme d'une solution de nitrate d'uranyle, remplacé plus tard par du sulfate. Le bouilleur cylindrique de l'Université de la Caroline requiert 1,14 fois plus de matière fissible pour compenser son excès de surface. La livraison du combustible nucléaire a été faite, nous dit-on, dans des récipients n'en contenant pas plus de 350 g à la fois et en prenant la précaution de ne jamais rapprocher deux tels récipients de moins de 60 cm. La solution est du sulfate d'uranyle qui est plus soluble que le nitrate, a un point d'ébullition plus élevé et, enfin, absorbe moins les neutrons que le nitrate. Près de 850 g d'U 235 suffisent, dans ce cylindre, à assurer la réaction en chaîne. Dans le bouilleur en fonctionnement, l'effet négatif dû à l'élévation de température a pour effet d'imprimer une vitesse d'agitation thermique aux neutrons et de diminuer ainsi leurs chances de provoquer des fissions par neutrons lents (car ici toute la gamme des neutrons intervient, rapides et lents). Pour compenser cet effet de freinage des réactions en chaîne, on ajoute 1 g d'U 235 par degré d'élévation de température. L'élévation de

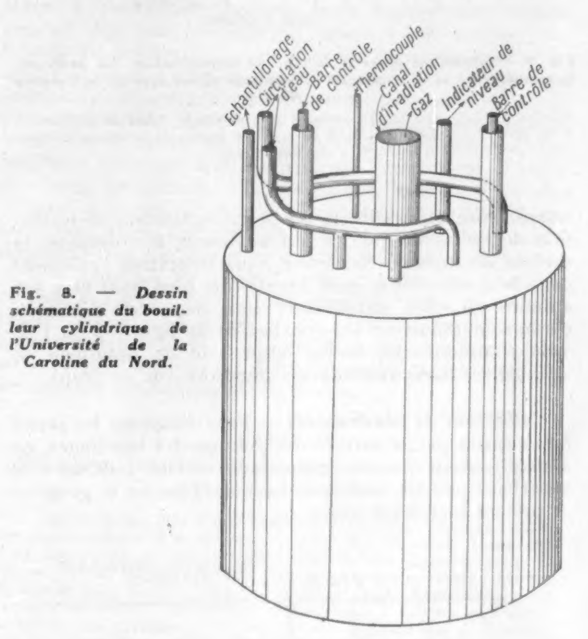


Fig. 8. — *Dessin schématique du bouilleur cylindrique de l'Université de la Caroline du Nord.*

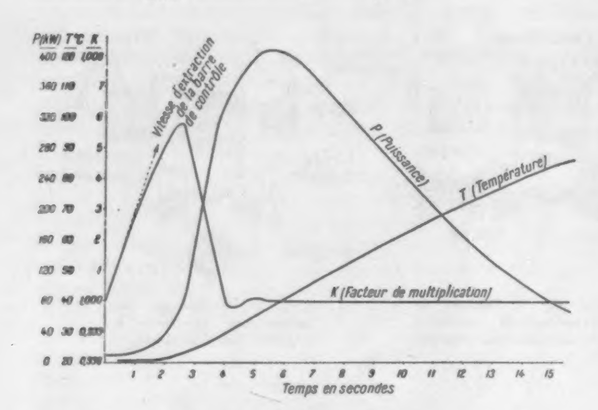


Fig. 9. — *Relations entre le facteur de multiplication des neutrons, la température et la puissance du bouilleur cylindrique de la Caroline du Nord.*

Courbes établies pour les 15 secondes qui suivent le début de l'extraction de la barre de contrôle ; la droite en pointillé représente la vitesse d'extraction de cette barre.

température du bouilleur provoque également la formation de bulles de gaz, ce qui augmente le volume et la surface de fuite des neutrons. Cela intervient également dans le coefficient négatif mentionné plus haut et a par ailleurs un effet stabilisateur non dépourvu d'intérêt, comme le montrent les courbes de la figure 9 où l'on voit comment ces bulles empêchent le bouilleur de s'emballer. Nous reviendrons plus loin sur ce point.

Réflecteur et rendement. — Pour diminuer les pertes de neutrons par la surface des piles ou des bouilleurs, on dispose autour de ces engins une surface réflectrice et absorbant peu les neutrons. Le béryllium ou le graphite se prêtent bien à cet usage (fig. 10).

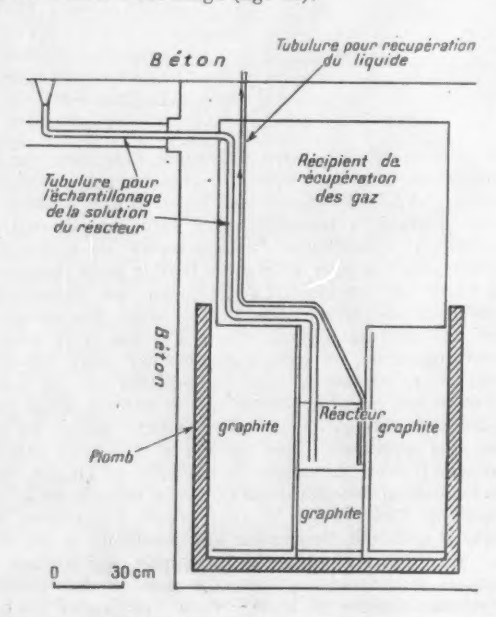


Fig. 10. — *Schéma d'installation du bouilleur nucléaire de la Caroline du Nord.*

Le bouilleur de la Caroline est entouré d'une carapace de 40 cm de graphite, ce qui n'augmente pas sensiblement son encombrement, minime par rapport à celui de la moindre pile atomique. Ce réflecteur permet ainsi non seulement de diminuer la quantité de substance fissible nécessaire à maintenir la réaction en chaîne (qui finalement est de 915 g dans ce bouilleur) mais encore de constituer une partie de la protection contre les radiations de la machine nucléaire.

Donnons un aperçu des performances de ce bouilleur. Rappelons d'abord qu'un noyau d'uranium émet, lors de sa fission, une énergie de l'ordre de 200 MeV, c'est-à-dire 10^{-17} kWh. Quand on dit qu'une pile, ou un bouilleur, marche à 10 kW, cela veut dire qu'il s'y produit 10^{18} fissions par heure et que d'autre part on élimine, par une circulation appropriée, gaz ou liquide, les calories dégagées dans ce milieu. Cette circulation permet donc de refroidir la machine nucléaire et d'y maintenir un niveau énergétique stable. Pour mesurer la puissance fournie, on multiplie par un certain coefficient l'énergie transportée par le liquide ou par les gaz. Enfin, cette circulation de refroidissement peut fournir de la chaleur utilisable, notamment pour le chauffage des locaux ou, après transformation, comme énergie mécanique ou électrique.

Cela dit, résumons dans le tableau I les performances du bouilleur de la Caroline.

TABLEAU I

NOMBRE DE RAYONS γ ET DE NEUTRONS PAR CM^2/S DANS DIVERSES PARTIES DU BOUILLEUR DE LA CAROLINE DU NORD FONCTIONNANT A 10 KW

	A la surface du bouilleur	A l'intérieur du bouilleur	Dans un des canaux, sans colonne de graphite	A l'extrémité d'une colonne de graphite
Rayons γ d'une énergie moyenne de 2MeV .	54.10^{11}	54.10^{11}	2.10^{9}	
Neutrons rapides . .	1.10^{11}	5.10^{11}	2.10^{8}	500
Neutrons lents . . .	3.10^{11}	$1,5.10^{11}$	$1,2.10^{9}$	3.10^{7}

Contrôle du fonctionnement. — Le dessin schématique de la figure 8 montre deux tubes contenant des « barres de contrôle ». Dans ces tubes de 15 mm de diamètre peuvent glisser en effet des barres d'acier au cadmium ou au bore, ou de bore comprimé et enrichi en un isotope, le bore 10, éminemment friand de neutrons. L'une de ces barres sert au contrôle du pouvoir de multiplication des neutrons par absorption plus ou moins importante, suivant sa position dans le bouilleur où elle peut descendre de 20 cm. L'autre barre est une barre de sécurité. Il existe aussi une barre en cadmium entre le cylindre du bouilleur et le réflecteur de graphite. L'effet de chaque barre de bore équivaut à la neutralisation d'une centaine de grammes de combustible nucléaire,

tandis que la barre extérieure en cadmium équivaut, lorsqu'elle agit au maximum, à la « suppression » d'une dizaine de grammes d'U 235. Une seule barre de bore enfoncée de 20 cm réduit donc la masse agissante à 815 g, soit 35 g de moins qu'il faut pour maintenir une réaction en chaîne.

Des détecteurs de neutrons, constitués par des chambres d'ionisation sous pression et contenant parfois du bore (qui en absorbant des neutrons émet des particules alpha très ionisantes) indiquent constamment, au conducteur de l'engin atomique, le niveau énergétique de sa machine. Un réglage automatique de ce niveau peut être lié à ce courant d'ionisation et bien entendu aussi les systèmes de sécurité, comme celui de la rentrée brutale de la seconde barre de bore dans le bouilleur. Des thermocouples et des thermomètres, moins sensibles que les chambres d'ionisation, mais moins sujets à des pannes électroniques, secondent le conducteur dans sa tâche. Enfin des détecteurs de radioactivité induite par les neutrons sur des pastilles de produits très sensibles, comme l'indium, le gadolinium, l'argent, etc., complètent le système de contrôle et de sécurité.

Radioactivité et dangers des bouilleurs. — Considérons d'abord un système de refroidissement constitué par de l'eau. En opérant en circuit fermé avec une eau très pure on trouve que les radioactivités artificielles provoquées par les neutrons du bouilleur, en prenant un flux de 10^{12} neutrons par cm^2/s, seraient de :

3 désintégrations par cm^3 d'eau et par seconde dues à ^{19}F.

9 désintégrations par cm^3 d'eau et par seconde dues à ^{37}Cl.

110 désintégrations par cm^3 d'eau et par seconde dues à ^{18}O.

625 désintégrations par cm^3 d'eau et par seconde dues à ^{26}Mg.

Cette radioactivité est en grande partie absorbée dans l'eau et par les parois des canalisations et ne constitue pas un danger pour le personnel. Elle peut même être évacuée dans les égouts après stockage dans un bassin de retenue pendant quelques heures.

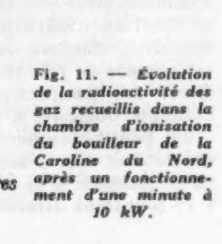


Fig. 11. — *Évolution de la radioactivité des gaz recueillis dans la chambre d'ionisation du bouilleur de la Caroline du Nord, après un fonctionnement d'une minute à 10 kW.*

Dans de nombreux cas, il est prévu d'utiliser un autre fluide que l'eau. On cite le bismuth et le plomb. Ces métaux fondus permettent d'atteindre des températures plus élevées et dispensent de pompes mécaniques. On peut en effet mettre à profit leur conductibilité électrique pour les traiter comme des conducteurs soumis à des champs électriques et magnétiques orthogonaux et leur imprimer ainsi une force perpendiculaire au plan des deux champs (règle des trois doigts). Cette force imprime au métal fondu une circulation réglable au moyen des champs à l'extérieur de la canalisation.

Dans le cas spécial des sous-marins, on sait que les ingénieurs sont obligés, pour assurer la stabilité du bâtiment en plongée, de lester la quille, de plus d'un vingtième du poids du submersible, avec du plomb. On peut alors imaginer un double emploi de ce plomb, comme stabilisateur et comme fluide de refroidissement du bouilleur.

Le danger le plus grave, dans un bouilleur, n'est pas lié à la radioactivité des produits de fission, solides ou gazeux, mais aux gaz, oxygène et hydrogène, de décomposition de l'eau du bouilleur par les radiations.

En effet, pendant le fonctionnement, le bouilleur émet des neutrons et des rayons gamma qui peuvent être absorbés dans des ciments spéciaux et dans du plomb. Même à l'arrêt le bouilleur émet encore des rayons gamma dus aux produits de fission à vie longue. Le liquide du bouilleur est bien entendu terriblement radioactif ; il ne doit être manipulé qu'avec des précautions spéciales et seulement après « refroidissement » ou perte de radioactivité. Ainsi, après un jour de fonctionnement à 10 kW et après 24 heures d'attente, la solution du bouilleur présente une radioactivité équivalente à celle de 300 g de radium. Elle tombe à 180 g au bout du 5ᵉ jour, à 52 au 15ᵉ et à 38 le 20ᵉ jour après l'arrêt du bouilleur. Après 100 jours de fonctionnement on n'a évidemment pas 100 fois plus de radioactivité, puisque un certain équilibre se produit, qui empêche les produits de fission à vies courtes (inférieures au mois) de s'accumuler. On a ainsi 4 500 g de « radium-équivalent » après un jour d'arrêt, 2 300 au 5ᵉ, 1 400 au 15ᵉ et 1 200 au 20ᵉ jour. Le tableau II donne quelques caractéristiques de certains radioéléments de fission.

Tableau II

Quelques familles de radioéléments β de fission et leurs périodes

La fission donne lieu à une bipartition en deux fragments selon des combinaisons très diverses, pourvu que la masse totale des deux fragments et des neutrons libérés soit égale à celle de l'atome scindé (atome originel, plus un neutron absorbé) ; les tripartitions sont relativement rares. On a rangé verticalement les produits de fission par masses croissantes ; à gauche le nombre de masse, qui demeure le même pour les éléments qui en dérivent par émissions β successives, transformant un neutron nucléaire en un proton et augmentant par là d'une unité le numéro atomique ; une accolade correspond à une émission γ (rayonnement électromagnétique) qui ne change ni la masse ni le numéro atomique ; les périodes sont indiquées sur les flèches. La lettre *m* en haut et à droite du symbole d'un élément indique l'état métastable, c'est-à-dire excité, qui par émission γ donne le noyau à l'état fondamental.

$$89\ldots\ \mathrm{Br} \xrightarrow{4{,}5\ s} \mathrm{Kr} \xrightarrow{2{,}6\ mn} \mathrm{Rb} \xrightarrow{15{,}4\ mn} \mathrm{Sr} \xrightarrow{53\ j} \mathrm{Y}\ \text{stable}$$

$$91\ldots\ \mathrm{Kr} \xrightarrow{9{,}8\ s} \mathrm{Rb} \xrightarrow{\text{courte}} \mathrm{Sr} \xrightarrow{9{,}7\ h} \left\{ \begin{array}{l} \mathrm{Y}^m \\ \downarrow 51\ mn \\ \mathrm{Y} \xrightarrow{57\ j} \mathrm{Zr}\ \text{stable} \end{array} \right.$$

$$97\ldots\ \mathrm{Kr} \xrightarrow{1\ s} \mathrm{Rb} \xrightarrow{\text{courte}} \mathrm{Sr} \xrightarrow{\text{courte}} \mathrm{Y} \xrightarrow{\text{courte}} \mathrm{Zr} \xrightarrow{17\ h} \left\{ \begin{array}{l} \mathrm{Nb}^m \\ \downarrow 1\ mn \\ \mathrm{Nb} \xrightarrow{74\ mn} \mathrm{Mo}\ \text{stable} \end{array} \right.$$

$$99\ldots\ \mathrm{Mo} \xrightarrow{67\ h} \left\{ \begin{array}{l} \mathrm{Tc}^m \\ \downarrow 6\ h \\ \mathrm{Tc} \xrightarrow{2.10^5\ ans} \mathrm{Ru}\ \text{stable} \end{array} \right.$$

$$139\ldots\ \mathrm{I} \xrightarrow{2{,}7\ s} \mathrm{Xe} \xrightarrow{41\ s} \mathrm{Cs} \xrightarrow{9{,}5\ mn} \mathrm{Ba} \xrightarrow{85\ mn} \mathrm{La}\ \text{stable}$$

$$140\ldots\ \mathrm{Xe} \xrightarrow{16\ s} \mathrm{Cs} \xrightarrow{66\ s} \mathrm{Ba} \xrightarrow{12{,}8\ j} \mathrm{La} \xrightarrow{40\ h} \mathrm{Ce}\ \text{stable}$$

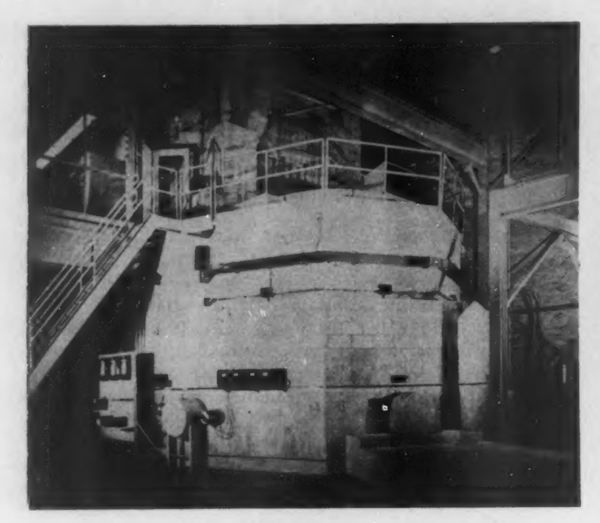


Fig. 12. — *Le breeder expérimental d'Idaho Falls.*
C'est un bouilleur nucléaire aménagé en breeder par incorporation de thorium dans l'enceinte de protection.
(Photos Service d'information des États-Unis).

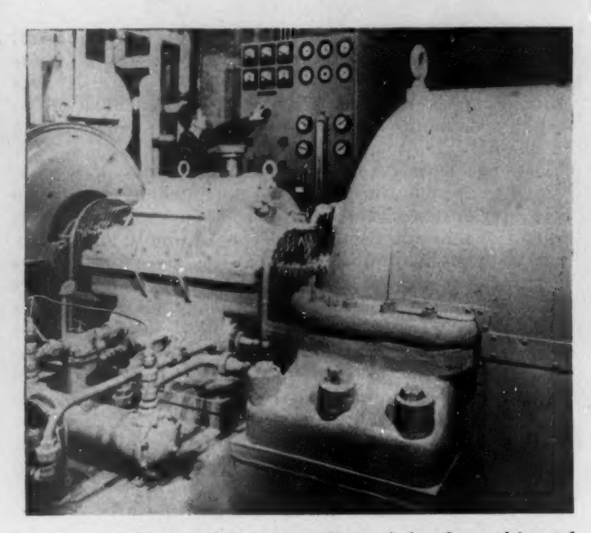


Fig. 14. — *Turbine et générateur couplés sur le breeder expérimental d'Idaho Falls.*
L'électricité produite avec une puissance de 170 kW sert à alimenter en courant tout l'équipement de l'installation (pompes, lumière, etc.).

On voit parmi ces radioéléments des gaz comme le xénon et le krypton. Une minute de fonctionnement du bouilleur à 10 kW produit, en gaz radioactifs, une activité qui peut être mesurée en aspirant ces gaz dans une chambre d'ionisation. La courbe de la figure 11 montre l'évolution de cette activité dans le temps. Rappelons que 3.10^{10} désintégrations par seconde correspondent à l'émission due à 1 g de radium ou 1 curie. Il y a donc formation de plus de 10 kg de radium-équivalent, en gaz radioactifs de fission par minute de fonctionnement et par kW du bouilleur, ou encore à 0,0015 cm^3 de ces gaz radioactifs par kWh. Si on calcule le volume de gaz explosif oxygène et hydrogène fourni par kWh on arrive à un chiffre autrement impressionnant : 8 litres. Pour éliminer ce danger d'explosion il suffit de recombiner ces deux gaz au fur et à mesure de leur formation ou de les absorber dans du charbon actif. On peut également extraire l'hydrogène à travers du palladium chauffé et enlever ainsi au mélange son caractère explosif.

Si les barres de réglage en bore étaient enlevées, en moins de 5 secondes on aurait une montée soudaine de la puissance à 10 000 kW avec une émission de 10^{16} neutrons rapides par centimètre cube et par seconde, et 3 fois plus de neutrons lents. L'énergie libérée serait de l'ordre de 500 000 joules et la température du bouilleur atteindrait 95° C. Les bulles de gaz et l'élévation de la température auraient pour effet de diminuer la réactivité du bouilleur et de freiner les réactions en chaîne, comme le montre la figure 9.

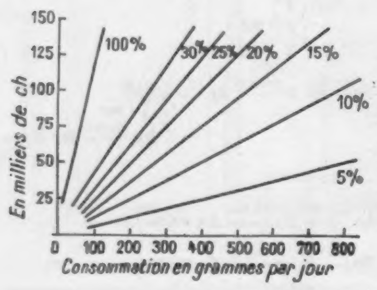


Fig. 13. — *Consommation d'uranium 235 dans une pile en fonction de son niveau énergétique et d'un ensemble de conditions d'efficacité représentées par un rendement variable de 5 à 100 pour 100.*

Les « breeders » atomiques. — Nous dirons quelques mots d'un nouveau modèle de pile atomique appelé *breeder*. C'est un réacteur capable de fournir plus de matière fissible qu'il n'en consomme. Cela n'est pas le cas en effet dans une pile ordinaire, où le nombre d'atomes de plutonium 239 formés reste inférieur au nombre des atomes d'uranium 235 fissionnés, par suite de la quantité considérable de neutrons secondaires de fission qui sont perdus par absorption, notamment dans les écrans de protection placés autour de la pile.

Si on remplace une bonne partie de ces écrans par du thorium, qui est un élément assez fréquent dans la nature et relativement bon marché, on observe les transmutations suivantes :

$$^{90}_{232}\mathrm{Th} + n \rightarrow {}^{90}_{233}\mathrm{Th} \xrightarrow[33\ \mathrm{mn}]{\beta} {}^{91}_{233}\mathrm{Pa} \xrightarrow[27\ \mathrm{j}]{\beta} {}^{92}_{233}\mathrm{U}.$$

Ainsi, ayant absorbé un neutron, le noyau de thorium 232 se transforme en un isotope plus lourd, le thorium 233, émetteur β d'une période de 23 minutes, donnant naissance à un isotope du protactinium, d'une période de 27 jours, qui, toujours par radioactivité β, donne l'uranium 233. Cet uranium entre en fission dans les mêmes conditions que l'uranium 235 et le plutonium 239. C'est donc un « combustible nucléaire », que sa longue période (163 000 ans) rend particulièrement commode pour son stockage. Son extraction de la masse de thorium n'offre pas plus de difficultés que l'extraction du plutonium des barres d'uranium de la pile.

Ce genre de pile en pleine évolution offre de toute évidence des perspectives nouvelles dans l'utilisation de l'énergie nucléaire à partir du thorium.

On peut appliquer la même méthode à un bouilleur, qui fournit alors, outre de l'énergie utilisable, une certaine quantité d'U 233. La figure 12 et les figures 14 à 17 montrent diverses parties d'une telle installation.

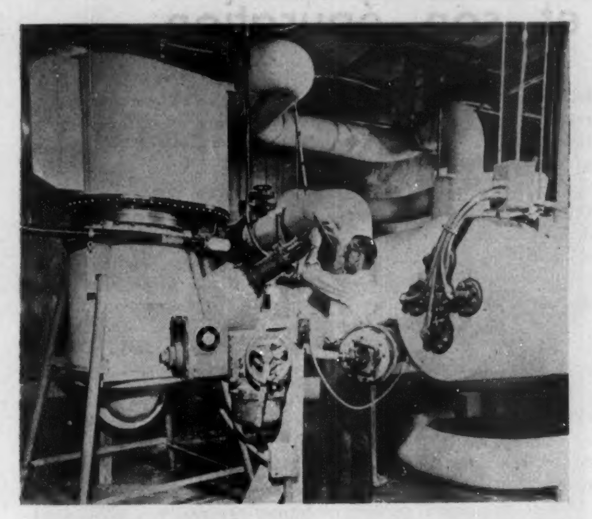


Fig. 15. — *Détail de l'installation extérieure du bouilleur-breeder d'Idaho Falls.*

A gauche, la pompe de circulation de la source froide à la source chaude ; à droite, la chaudière de réchauffement de l'eau de la source chaude pour fondre le métal (sodium ou bismuth) qui sert au refroidissement du bouilleur (ce métal se solidifie quand le bouilleur s'est arrêté).

(*Photos Service d'information des États-Unis*).

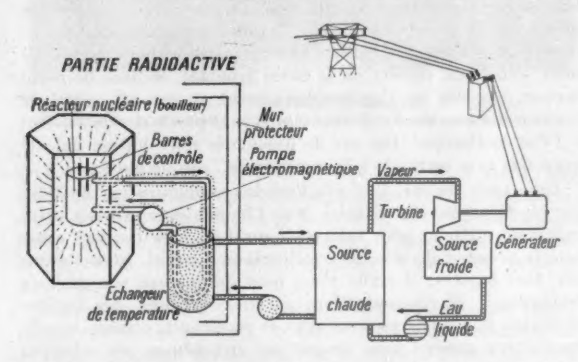


Fig. 16. — *Schéma de l'installation du bouilleur-breeder d'Idaho Falls.*

Le liquide qui a accès au centre du bouilleur de même que l'échangeur de température sont des métaux fondus (sodium ou bismuth) ; la pompe électromagnétique fait circuler le métal fondu en agissant de l'extérieur par un champ magnétique et un champ électromagnétique à angle droit.

Consommation en matières fissibles. — Il est évident que la consommation d'U 235 ou de Pu 239, dépendra du régime de fonctionnement du bouilleur ou de la pile. La figure 13 montre par exemple que l'on peut s'attendre, pour un sous-marin du type *Aurore*, qui a besoin de 3 000 ch, à une consommation de quelques grammes par jour. On peut donc prévoir des rayons d'action illimités puisque le poids du combustible à emporter est négligeable. Par comparaison, citons les chiffres suivants : un sous-marin moderne emporte quelques 350 accumulateurs de 10 kW, dont le poids atteint 200 t. En admettant que le bâtiment appareille avec ses accumulateurs chargés, il peut naviguer une vingtaine d'heures et parcourir environ 200 milles. Il lui faut alors recharger ses accumulateurs au moyen des diesels, ce qui nécessite du fuel, à raison de 3 t pour 10 recharges, ou pour 2 000 milles de rayon d'action.

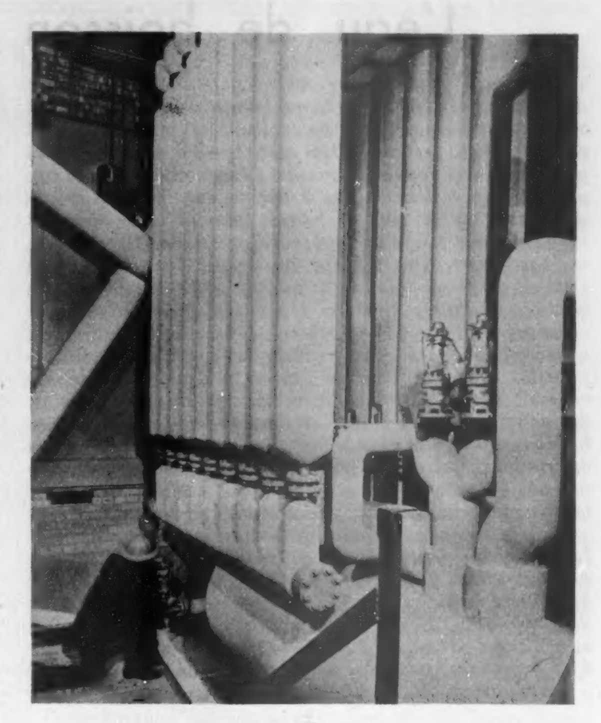


Fig. 17. — *Source chaude du breeder expérimental.*

La vapeur fournie par cette source chaude (température : 290° C ; pression : 28 kg/cm²) alimente la turbine qui actionne le générateur.

Pour un transatlantique, ou pour un cuirassé, qui consomment 300 g de fuel par ch/h, et avec une puissance de 200 000 ch, c'est une réserve de près de 10 000 t de fuel qu'il faut prévoir pour un parcours de 6 000 milles.

On voit donc que, l'encombrement n'étant plus à redouter, pas plus que le danger des radiations pour les passagers, le bouilleur atomique, pour peu que le combustible nucléaire soit accessible, présente des avantages certains sur les autres sources d'énergie.

C'est un sujet excessivement « fluide » que celui du prix de revient du combustible nucléaire. Si l'industrie était libre de se procurer les matières premières et d'entreprendre la production, le prix de revient serait actuellement de l'ordre de 10 000 F le gramme d'U 235. La séparation de l'U 235 à partir de l'uranium naturel et la fabrication du plutonium dans les piles, uniquement pour satisfaire les demandes en nouvelles sources d'énergie, seraient probablement considérées comme des opérations moins rentables que l'extraction et le transport du charbon et du pétrole : il ne faut pas oublier que le prix de la matière première, charbon, fuel, ou houille blanche, intervient pour moins de 5 pour 100 dans le prix moyen du kWh de courant électrique livré au consommateur. Mais si on considère les quantités déjà très importantes des deux combustibles nucléaires accumulées pour des objectifs militaires éventuels et qui, espérons-le, n'auront jamais cette destination, leur utilisation dans les piles et les bouilleurs serait une opération très rentable. La guerre a accéléré les réalisations atomiques ; seule une paix véritable permettrait leur pleine utilisation économique.

M.-E Nahmias,
Docteur ès sciences.

L'eau de boisson et son épuration

Aux approches de l'été, le problème de l'eau dans les agglomérations, grandes ou petites, se pose avec plus d'acuité. Les grandes cités n'ont guère à redouter la pénurie mais, dans certains cas, la qualité de leur eau peut laisser à désirer. Les Parisiens, en particulier, se plaignent qu'on leur distribue, par périodes souvent longues, une eau d'un goût insupportable. Ils doivent, ou surmonter leur dégoût, ou grever leur budget de l'achat d'autres boissons. Cette situation a des conséquences sanitaires difficiles à préciser, mais qui ne sont certainement pas négligeables. L'accroissement de la consommation des boissons alcoolisées, déjà trop élevée, pourrait bien se perpétuer après la disparition de ses causes ; il n'est pas non plus certain qu'un usage continu des eaux minérales soit à recommander ; et si, comme beaucoup d'hygiénistes le pensent, l'eau chlorophénolée du robinet, outre son goût désagréable, n'est pas sans danger à la longue, cet inconvénient subsiste quand, rejetée pour la boisson, elle continue à être incorporée aux préparations culinaires.

Le problème général de l'eau de boisson a fait récemment l'objet d'une étude de notre collaborateur M. Paul Fournier, sous-directeur de laboratoire au C. N. R. S., dans le Bulletin de la Société scientifique d'hygiène alimentaire *(nos 10, 11, 12, 1953). Nous lui avons demandé d'en reprendre, pour nos lecteurs, les données essentielles.*

★

Les qualités d'une eau de boisson. — Une bonne eau de boisson doit être fraîche et bien aérée, contenir certaines substances minérales en petites proportions, être exempte de substances organiques et de microbes. Une eau rigoureusement pure, l'eau distillée par exemple, n'est ni agréable, ni souhaitable. Associé aux autres gaz de l'atmosphère, le gaz carbonique lui donne une saveur fraîche et piquante. L'aération est d'autant meilleure que la température est plus basse : on admet que la température d'une bonne eau de boisson doit être comprise entre 8° et 15°. La présence de petites quantités de sulfates, carbonates et bicarbonates alcalins et alcalino-terreux améliore le goût; comme nous le verrons plus loin, elle augmente aussi la sécurité de la distribution par les conduites de plomb. Mais les sels alcalino-terreux (calcium, magnésium) s'ils sont en excès, rendent l'eau indigeste, et, de plus, impropre aux usages domestiques, à la cuisson des légumes qui durcissent, à l'usage du savon qui se dissout mal; on dit alors que l'eau est « dure ».

La présence du fluor dans l'eau mérite une mention spéciale. On considère que, pour conserver la dentition en bon état, l'eau de boisson doit contenir un millionième de fluor. De nombreuses villes des États-Unis additionnent leurs eaux de fluorure de calcium et cette pratique aurait réduit notablement le nombre des caries dentaires. Mais le fluor doit être exactement dosé : pour des teneurs supérieures à 2,5 millionièmes, des troubles se manifesteraient, par des marbrures de l'émail des dents (fluorose chronique).

La présence de certains éléments tels que des sels de fer, de cuivre, d'ammonium, confère à certaines eaux une saveur astringente qui peut être insupportable. Mais le goût et l'odeur désagréables des eaux distribuées dans certaines grandes villes, notamment à Paris, sont dus à des composés organiques.

L'eau de boisson ne doit renfermer des matières organiques qu'à l'état de traces. Une quantité notable de composés ammoniacaux, de nitrites, de nitrates, produits de la dégradation des protides par les bactéries, révèle une contamination plus ou moins récente. Un excès de chlorures et de phosphates autorise également la suspicion. Il est vrai que les espèces pathogènes, dont les exigences nutritives sont étroites, ne subsistent pas longtemps dans l'eau où elles se heurtent à la concurrence d'espèces qui ne présentent pour l'homme aucun danger. Cependant l'eau a servi de véhicule aux agents de redoutables épidémies, comme le choléra ou la fièvre typhoïde, et dans de nombreuses localités où l'approvisionnement en eau est assuré de façon rudimentaire, les fièvres typhoïde et paratyphoïde existent à l'état endémique. Des cas de dysenterie microbienne ont été rapportés avec certitude à la souillure de l'eau de puits.

Dans tous ces cas, il y a à l'origine contamination de l'eau par les déjections des malades. Mais l'hygiéniste ne saurait naturellement attendre pour intervenir qu'il ait effectivement constaté la présence de microbes pathogènes. Ceux-ci, nous l'avons dit, sont fugaces; il suffit donc, pour qu'une eau soit déclarée impropre à la consommation, qu'elle contienne des bacilles d'origine intestinale plus robustes et persistants, comme le colibacille; en général sans danger par eux-mêmes, ces microbes apportent la preuve d'une pollution. En fait, on est conduit à



Fig. 1. — *Entrée de la galerie de captage de l'une des sources du Dragon, affluent de la Voulzie, près de Provins.*



Fig. 2. — *Puits de captage des sources de Bourron, dans la vallée du Loing.*

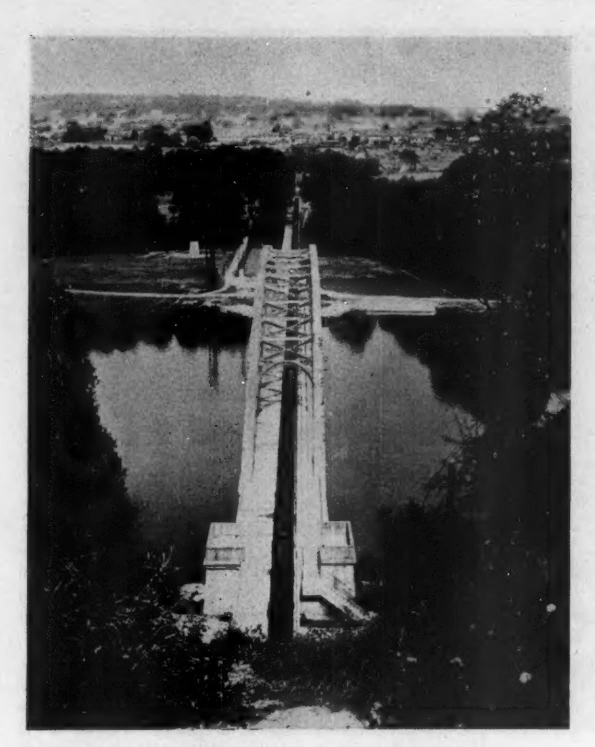


Fig. 3. — *Conduite principale d'adduction de 1,25 m des eaux de la Voulzie sur la passerelle de Champagne-sur-Seine.*

se montrer plus tolérant. Pour le professeur H. Vincent, une eau renfermant moins de 10 colibacilles par litre doit être considérée comme pure; entre 10 et 50 germes, l'eau est dite d'assez bonne qualité; au-dessus de 50 germes par litre, l'eau est, selon la quantité de colibacilles qu'elle contient, à surveiller, suspecte ou mauvaise.

Indépendamment de la recherche dans l'eau de germes témoignant une souillure fécale, la détermination du nombre total de bactéries fournit des données sur le degré de pureté de l'eau. On considère qu'une eau pure doit renfermer moins de 1 000 germes par centimètre cube. A volume égal, l'eau de la Seine en renferme parfois plus de 100 millions. La simple comparaison de ces deux nombres indique assez la nécessité d'une épuration.

Eaux profondes et eaux superficielles. — L'approvisionnement en eau peut être assuré, soit par les nappes souterraines que l'on atteint au moyen de puits ou que l'on capte à l'émergence des sources, soit par prélèvement sur les eaux superficielles, lacs et cours d'eau.

La surface du sol étant constamment sujette à des souillures, les eaux souterraines, qui subissent un processus naturel de filtration, sont évidemment les plus recherchées; encore faut-il être certain qu'elles subissent effectivement cette filtration, ce qu'un examen local pourra établir.

Les puits profonds devraient, en principe, fournir une eau très pure. Mais cette eau peut être polluée à l'endroit même où elle est prélevée. Trop souvent, le puits dont la maçonnerie est en mauvais état se trouve en communication discrète mais constante avec une fosse d'aisance ou une fosse à purin. Si le puits n'est pas couvert, il est exposé à recevoir des débris de toutes sortes; les seaux malpropres posés à même le sol, sont également une cause de pollution.

Les sources apparaissent en surface dans des lieux souvent pollués. Elles doivent donc être soigneusement captées avant leur émergence et le lieu de captation doit être protégé des infiltrations suspectes. Une surveillance attentive des lieux, des prélèvements régulièrement analysés sont utiles. Il vaut mieux choisir des sources bien isolées; les sources captées dans des régions forestières sont les mieux abritées des contaminations.

Mais les quantités d'eau considérables qui sont nécessaires aux grandes villes obligent à utiliser, de plus en plus, les eaux superficielles. Londres fait appel aux eaux de la Tamise et de la Lee, Paris à la Seine et à la Marne. D'autres cités prennent leur eau dans des lacs naturels comme Genève, ou artificiels. Ainsi, New-York reçoit son eau potable de vastes réserves d'eau retenues par des barrages. On conçoit que ces eaux ne peuvent être distribuées sans avoir été épurées.

Épuration industrielle de l'eau. — **Procédés physiques.** — On peut réaliser une filtration analogue à la filtration naturelle en faisant passer les eaux à travers des lits de sable. L'eau subit une purification physique du fait du dépôt des particules en suspension, mais aussi biologique grâce à des algues qui viennent proliférer à la surface du filtre. Cette culture prive l'eau de différents matériaux, organiques surtout, dont la disparition rend l'eau beaucoup moins favorable à un développement ultérieur de bactéries. De plus, cette couche d'algues rend le filtre beaucoup plus compact. Des bactéries sont retenues dans une très forte proportion. Cependant la présence de cette population végétale tend à colmater le filtre qu'il faut régénérer de temps en temps en enlevant la couche superficielle.

Cette filtration est généralement précédée de divers traitements, en particulier d'un dégrossissage, par passage successif de l'eau dans plusieurs couches de graviers de plus en plus fins. Dans ces conditions, les filtres à sable peuvent fonctionner, sans nettoyage, beaucoup plus longtemps.

Dans certains cas, à Lyon par exemple, l'eau est recueillie dans une galerie creusée parallèlement au fleuve, la filtration s'effectuant dans ce cas à travers un lit de sable naturel.

Un autre procédé physique d'épuration industrielle, moins utilisé, consiste à provoquer une sorte de « collage » par agitation dans l'eau de divers corps solides (alumine, argile), plus actifs s'ils sont introduits à l'état colloïdal. Les fines particules de la substance ajoutée agglomèrent les bactéries et se déposent.

Procédés chimiques. — Le plus souvent, les procédés physiques que nous venons de citer ne peuvent livrer en quantités suffisantes une eau assez pure. Ainsi l'essor de l'agglomération



Fig. 4. — *L'aqueduc de la Vanne en forêt de Fontainebleau.*

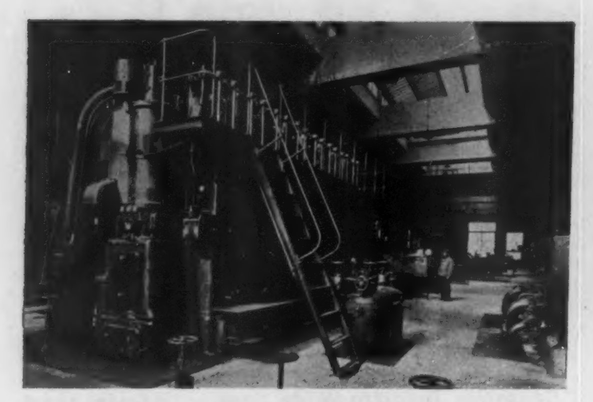


Fig. 5. — *Diesels de l'usine élévatoire des établissements filtrants de Saint-Maur.*



Fig. 6. — *Dans l'usine électrique des établissements filtrants de Saint-Maur.*

parisienne a conduit sans cesse à accroître les quantités d'eau de Seine et de Marne délivrées aux usagers. Les commodités de vie, le développement de l'hygiène individuelle rendent le besoin d'eau toujours plus grand. Il dépasse sensiblement déjà 100 l par habitant et par jour. Parfois, en été, la consommation totale d'eau pour Paris et sa banlieue atteint presque un million de mètres cubes. Les eaux de source de provenance lointaine (Vanne, Loing, Lunain, Voulzie, Dhuys, Avre) ne figurent, selon les saisons, que pour 200 000 à 450 000 m^3. Parfois, en été, près des quatre cinquièmes de l'eau de Paris sont empruntés à la Seine et à la Marne.

Les bassins filtrants d'Ivry qui traitent l'eau de Seine et ceux de Saint-Maur qui améliorent l'eau de la Marne (fig. 5, 6 et 7) ont à faire face à une demande croissante. La vitesse de filtration augmente au détriment de la qualité. On complète donc l'épuration par l'addition d'un antiseptique; on traite l'eau par le chlore, sous forme d'eau de chlore ou d'hypochlorite de sodium. Mais ce n'est pas le chlore à lui seul qui confère à l'eau son goût insupportable. Des eaux de source, traitées dans les mêmes conditions, n'en conservent aucun souvenir.

Avant leur arrivée à Ivry et à Saint-Maur, les eaux de Seine et de Marne reçoivent les eaux résiduaires d'un grand nombre d'établissements industriels. De ce fait, elles se chargent de diverses substances plus ou moins toxiques. Les usines à gaz en particulier rejettent à la rivière des eaux chargées de composés phénoliques; certaines fabriques d'herbicides en font autant. Au moment du traitement par le chlore, ces substances forment des chlorophénols qui communiquent à l'eau un goût détestable à des dilutions incroyablement élevées. Et ces chlorophénols résistent à tous les essais ultérieurs d'amendement. En été, dans la période des eaux basses, le même déversement des usines dans les rivières conduit à des concentrations plus élevées de l'eau brute en phénols et par conséquent à un goût encore plus marqué de l'eau traitée.

L'Académie de Médecine et le Conseil d'Hygiène de France ont maintes fois élevé la voix à ce sujet; une commission nommée par l'Académie de Médecine et présidée par M. René Fabre, doyen de la Faculté de Pharmacie, recherche quels peuvent être les effets physiologiques des chlorophénols.

Depuis 1939, un dispositif est en place à Saint-Maur pour le traitement de l'eau par l'ozone mais, du fait qu'un contact intime entre l'ozone est malaisé à réaliser, ce procédé n'a pas donné les résultats escomptés, du moins pour les eaux trop chargées en matières organiques.

Des actions ont été entreprises afin que les résidus industriels ne viennent plus souiller la Seine et la Marne. Mais l'eau de ces cours d'eau, devenue buvable, n'en restera pas moins chaude l'été et sujette à des dangers d'imprégnations dans une région aussi peuplée. Les hygiénistes s'accordent pour dire que Paris, dont les bassins filtrants ont atteint leur maximum de production, devrait être définitivement approvisionné en eau d'une qualité supérieure. D'où ce fameux projet de la captation des eaux des Vals de Loire, celui de lacs artificiels créés en barrant certains affluents de l'Yonne, d'autres encore.

Épuration domestique. — A l'échelon domestique, on dispose d'appareils et de techniques simples basés sur les mêmes principes que les procédés industriels d'épuration. Mais il est recommandé naturellement de ne pas utiliser d'eaux exagérément souillées.

On peut purifier l'eau en la faisant passer à travers la paroi d'un filtre ou bougie de Chamberland, en porcelaine poreuse. Des dispositifs permettent de brancher directement la bougie sur le robinet. On obtient ainsi une eau excellente, mais en quantité assez restreinte. De plus, la bougie se colmate vite, il faut avoir recours à des nettoyages que la fragilité de la porcelaine rend assez compliqués.

Les traitements chimiques sont donc plus expéditifs. Divers appareils (à ozone, à chlore, etc.) permettent de purifier rapidement des quantités d'eau suffisantes pour les besoins familiaux. On peut aussi utiliser les techniques suivantes, qui requièrent des antiseptiques courants :

— Permanganate de potassium. L'eau est additionnée goutte à goutte d'une solution de permanganate à 5 pour 100 jusqu'à ce que la couleur rose persiste. Après une demi-heure, faire disparaître la coloration par addition de quelques gouttes d'une solution d'hyposulfite de sodium à 2 pour 100.

— Eau de Javel. Ajouter de l'eau de Javel à raison d'une goutte par litre d'eau. Attendre une demi-heure avant de détruire l'excès d'antiseptique au moyen de quelques gouttes de la solution d'hyposulfite. Lorsque l'eau est trouble, les doses d'eau de Javel doivent être augmentées.

— Teinture d'iode. A employer à la dose de 3 à 5 gouttes par litre d'eau. L'excès d'iode sera détruit par addition ménagée de la solution d'hyposulfite.

Il est fréquent qu'on se plaigne d'avoir une eau trop « dure ». En dehors des appareils à permutite qui retirent de l'eau les ions alcalino-terreux par échange avec des ions alcalins, il est facile, chez soi, d'obtenir une eau très douce. Les sels de calcium se trouvent dans l'eau surtout sous forme de bicarbonate et de sulfate. Une simple ébullition de l'eau décompose le bicarbonate de calcium et laisse déposer une fraction notable du calcium sous forme de carbonate de chaux insoluble. L'ébullition réalisée en présence d'un peu de bicarbonate de soude,

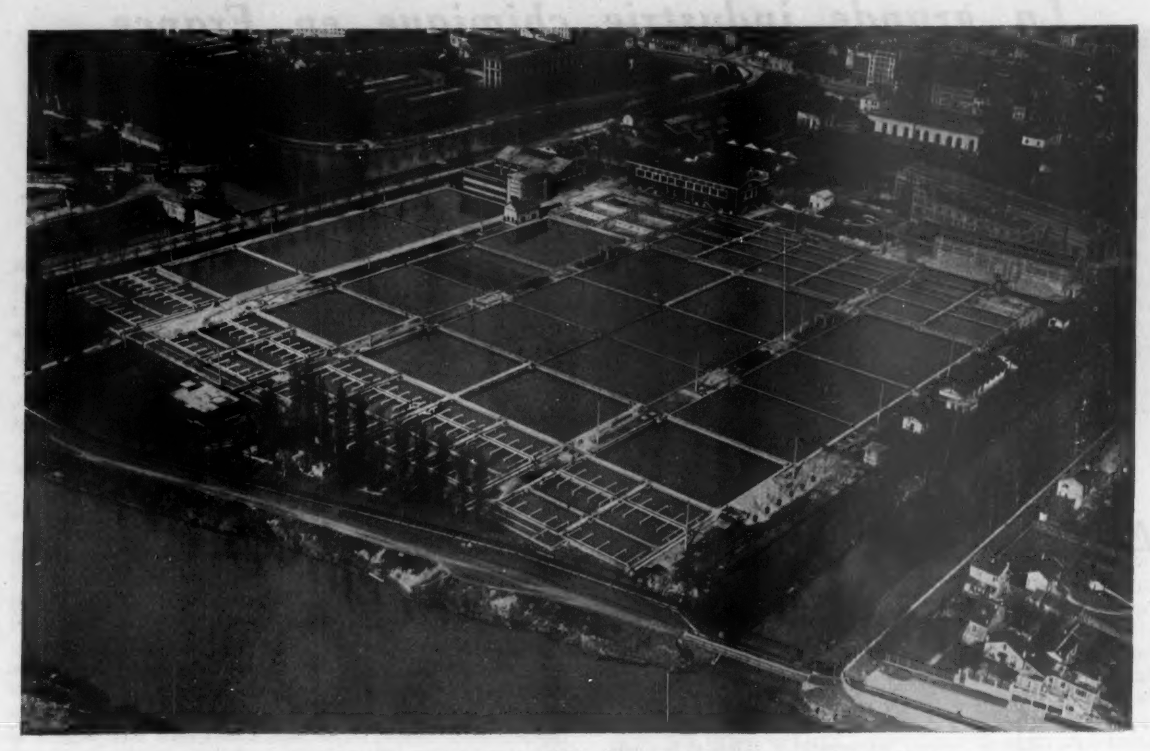


Fig. 7. — *Vue aérienne des établissements filtrants de Saint-Maur, sur les bords de la Marne.*
De part et d'autre des grands bassins, les bassins « préfiltrants » ; au delà des bassins, les salles des machines et l'usine à ozone.

conduit à l'élimination de tous les sels de calcium par dépôt de carbonate de chaux.

Le danger du plomb. — On sait que l'ingestion de plomb est à l'origine de troubles graves, décrits sous le nom de saturnisme. Or, les parois de certaines citernes peuvent contenir du plomb. Les tuyauteries qui servent à la distribution de l'eau sont faites de ce métal. Dans quelle mesure ces pratiques sont-elles compatibles avec notre sécurité ?

La surface d'un tuyau de plomb neuf se recouvre naturellement à l'air d'une mince couche d'oxyde peu adhérente. Les eaux superficielles ou souterraines contiennent en général des carbonates et des sulfates formant immédiatement au contact de la conduite un revêtement d'oxy-carbonate et de sulfate de plomb qui isole complètement l'eau de la conduite. La présence de petites quantités de silicate dans certaines eaux a aussi de ce point de vue un effet salutaire. Mais certaines eaux dites « agressives », eaux de source très chargées en gaz carbonique ou eaux de pluie (d'orage surtout) contenant des nitrates ne se comportent pas ainsi. Lorsque l'eau renferme peu de carbonates et de sulfates, la mince couche d'oxyde de plomb peut, à la mise en service de la canalisation, se trouver entraînée dans l'eau qui devient trouble et dangereuse. Lorsque l'eau contient un excès de gaz carbonique, ou des nitrates, du plomb passe en solution du fait de la solubilité du carbonate acide et du nitrate de plomb. Les eaux qui présentent ces particularités chimiques ne peuvent être distribuées par des tuyauteries de plomb.

En France, les eaux provenant de la plupart des régions, en particulier celles des grands bassins calcaires (parisien, aquitain, rhodanien) suffisamment riches en carbonates et sulfates de calcium et de magnésium, peuvent circuler sans aucun danger dans le plomb. La quantité de plomb passant dans ces eaux est inférieure au dix-millionième (un dixième de milligramme par litre), quantité qui ne fait courir aucun risque. Mais dans certaines régions granitiques d'Auvergne ou des Vosges, les eaux à réaction acide ne peuvent impunément venir au contact des conduites en plomb.

La composition convenable de l'eau ne suffit pas à couvrir tous les risques découlant de l'usage du plomb dans la fabrication des tuyauteries. L'enduit protecteur d'oxycarbonate de plomb peut, dans certaines conditions, céder à l'eau des quantités dangereuses du toxique. Il ne faut pas laisser trop longtemps la même eau au contact de la tuyauterie, mais surtout, lorsque les tuyaux restent longtemps à sec, la couche protectrice se fissure, se désagrège, se détache du tuyau, de sorte que l'eau qui s'écoule lors de la remise en pression de l'installation est très chargée en plomb et extrêmement nocive. Ainsi des accidents graves se sont produits dans certaines stations thermales, à l'activité saisonnière.

*
* *

Le problème de l'eau de boisson est un problème important, et qui peut être grave. Les pouvoirs publics, après les hygiénistes, se doivent d'y porter toute leur attention. Mais dans beaucoup de cas, en particulier à la campagne, l'usager lui-même doit veiller à ce que l'eau qu'il consomme n'ait pas subi de dangereuses souillures, résultant souvent de simples négligences. Cette question ne saurait être oubliée par les éducateurs.

Paul Fournier,
Sous-directeur de laboratoire au C. N. R. S.

La grande industrie chimique en France

L'électrolyse du chlorure de sodium

Passant en revue les principales industries utilisant le sel comme matière première, le professeur Henri Guérin a d'abord exposé comment l'on obtient le carbonate de sodium, la soude, le sulfate de sodium et l'acide chlorhydrique, par des procédés autres que l'électrolyse (La Nature, *avril 1954, p. 151). Dans l'article qu'on va lire, M. Guérin en vient aux industries qui réalisent l'électrolyse du chlorure de sodium, pour l'obtention de la soude, du chlore et secondairement de l'hydrogène, ou pour celle de l'hypochlorite, du chlorate, et enfin du sodium.*

★

Alors que la fabrication du carbonate de sodium, examinée précédemment, consomme, généralement sous forme de saumures, de l'ordre de 1 300 000 t de chlorure de sodium, l'industrie électrochimique, dont les usines sont situées, à quelques exceptions près, loin des sources de sel, exige pour ses fabrications environ 300 000 t de sel solide. Il s'agit là encore d'un débouché très important et il convient d'ajouter que l'électrolyse du chlorure de sodium que pratiquent ces usines constitue, en fait, l'une des techniques de base de l'industrie chimique moderne par suite de l'importance croissante des produits qu'elle est à même de fournir, notamment le chlore et la soude.

On sait que, selon les conditions dans lesquelles elle est exécutée, cette opération conduit à des produits différents.

Sous l'action du courant électrique, le chlorure de sodium dissous dans l'eau donne à l'anode du chlore qui se dégage et à la cathode du sodium qui réagit sur l'eau avec formation d'hydrogène et de soude.

$$(1)\quad \tfrac{1}{2}Cl_2\uparrow \leftarrow Cl^{+} \swarrow Cl^{+}\ Na^{-} \searrow Na^{-} + HOH = HONa + \tfrac{1}{2}H_2\uparrow.$$

Le chlore étant susceptible de réagir sur la soude, ce n'est qu'en prenant des précautions spéciales que cette opération fournira de la *soude électrolytique*, du *chlore* et accessoirement de l'*hydrogène*.

Si on laisse s'effectuer la réaction secondaire du chlore sur la soude, en veillant à ce que la température ne s'élève pas :

$$(2)\qquad Cl_2 + HONa = ClONa + ClNa$$

on obtient des *solutions d'hypochlorite* de sodium utilisables pour le blanchiment.

Lorsque, opérant sans précaution spéciale, on laisse monter la température, l'hypochlorite produit est susceptible de se transformer en *chlorate* :

$$(3)\qquad 3\,ClONa = ClO_3Na + 2\,ClNa.$$

Enfin, si au lieu d'opérer sur des solutions de chlorure de sodium, on procède à l'électrolyse du chlorure de sodium fondu, ou *électrolyse ignée*, il se dégage encore du chlore à l'anode, mais le sodium qui se dépose à la cathode reste à l'état de métal qu'on peut recueillir.

Ces divers types d'électrolyse ont une importance pratique différente et il ne convient pas de les placer sur le même plan.

L'électrolyse conduite en vue de la préparation du chlore et de la soude électrolytique est de loin la plus importante puisque, exécutée en France dans une vingtaine d'usines, elle porte sur environ 250 000 t de sel par an.

La préparation de solutions d'hypochlorite de sodium par électrolyse s'opère dans diverses usines pour le blanchiment des textiles ou des pâtes à papier, qui utilisent extemporanément ces solutions, et il est difficile de chiffrer l'importance de cette fabrication ; l'hypochlorite de sodium, matière première de la préparation des eaux de Javel de divers titres, est par contre obtenu par action du chlore résiduaire sur les lessives de soude, comme nous le verrons ultérieurement quand nous étudierons les débouchés du chlore.

La fabrication du chlorate s'opère dans quatre usines qui consomment de l'ordre de 20 000 t de chlorure de sodium.

Enfin, l'électrolyse ignée du chlorure de sodium est effectuée dans deux usines qui traitent ainsi environ 12 000 t de chlorure.

Nous allons examiner successivement ces diverses opérations.

Production de la soude et du chlore. — Comme nous venons de le rappeler, l'électrolyse du chlorure de sodium en solution aqueuse ne peut fournir du chlore et de la soude qu'à la condition d'éviter les réactions secondaires susceptibles de se produire, soit en empêchant les ions OH de migrer vers l'anode en faisant circuler la solution de chlorure de sodium de l'anode vers la cathode à une vitesse supérieure à celle avec laquelle se déplacent les ions OH (*appareils à cloche*), soit en interposant une cloison poreuse entre les compartiments anodique et cathodique (procédé du *diaphragme*), soit en escamotant le sodium dès sa formation par l'emploi d'une *cathode de mercure* au contact de laquelle il s'amalgame et s'élimine du milieu réactionnel.

Les appareils à cloche sont pratiquement abandonnés et seuls les procédés à diaphragme et à cathode de mercure sont utilisés actuellement. Alors que le procédé au mercure prédomine en Allemagne et que celui au diaphragme est le plus répandu aux États-Unis, les deux procédés ont une importance à peu près équivalente en France et méritent également d'être examinés.

Procédé au diaphragme. — Le principe de ce procédé est le suivant : une couche d'amiante, parfois additionnée d'une charge (sulfate de baryum, par exemple), montée sur une toile métallique ou une tôle perforée, formant cathode, isole celle-ci de l'anode en empêchant que la soude formée diffuse vers cette dernière ; ce diaphragme perméable aux ions augmente cependant la résistance du bain et cela d'autant plus qu'il devient moins poreux par suite de la précipitation de chaux et de magnésie résultant d'une purification incomplète des saumures.

Divers types de cellules classiques, soit à diaphragme filtrant horizontal (Billiter), soit à diaphragme filtrant vertical (Allen Moore, Krebs, Saint-Auban-Péchiney) moins encombrantes, équipent la plupart des ateliers d'électrolyse des usines françaises. Nous nous limiterons à décrire une cellule d'un type plus récent, mise au point aux États-Unis et dont l'emploi limité jusqu'ici, semble-t-il, à une seule usine française, se répandra vraisemblablement du fait qu'elle ne présente pas l'inconvénient majeur inhérent à diverses cellules à diaphragme : le montage long et délicat des diaphragmes.

La cellule Hooker type S (fig. 1 à 4) dont les dimensions atteignent 1,55 m × 1,45 m et 1,1 m de haut, comprend trois parties indépendantes : le fond A portant les anodes, le porte-cathode B et le chapeau C.

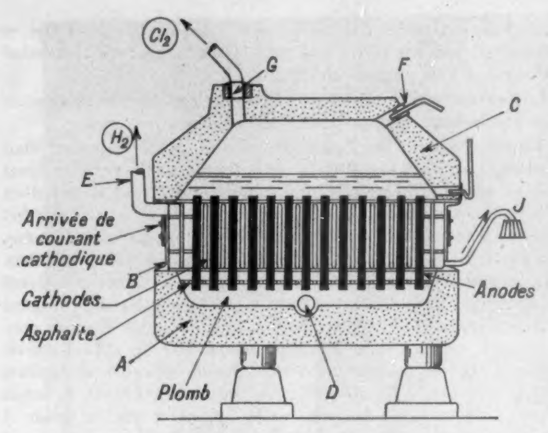


Fig. 1. — ***Schéma d'une cellule à diaphragme Hooker.***
Explications dans le texte.

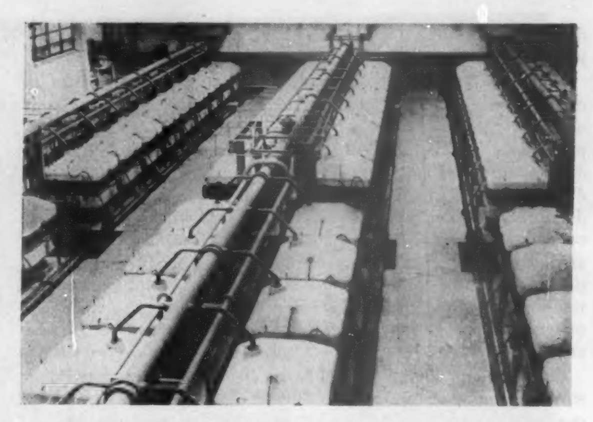


Fig. 2. — ***Vue partielle de l'atelier d'électrolyse de Pont-de-Claix, utilisant des cellules Hooker.***
(*Photo* PROGIL).

Le fond de la cuve (fig. 1 et 3) est constitué par un bac en ciment sur lequel le bloc anodique, qui comprend une barre d'arrivée de courant en cuivre D et deux rangées de 15 anodes en graphite encastrées dans un lit de plomb, est fixé en coulant par deux fois, à quelques heures d'intervalle, de l'asphalte.

Le porte-cathode B (fig. 4) comporte un cadre s'adaptant sur le fond et deux véritables peignes dont les dents (cathodes) s'intercalent entre les anodes. Ces dents comprennent une armature en toile d'acier dont la partie creuse constituera le compartiment cathodique d'où s'écoulera la solution de soude et d'où se dégagera l'hydrogène et sur laquelle est appliqué le diaphragme. L'hydrogène s'échappe par la conduite E.

Pour fabriquer le diaphragme, on plonge le bloc cathodique dans une suspension sodique d'amiante et on aspire sur le collecteur l'hydrogène de façon à appliquer l'amiante sur la toile d'acier (voir la figure de la couverture).

Le chapeau qui comporte un orifice pour l'arrivée de la saumure F (fig. 1) et un autre pour le départ du chlore G, est mis en place et la cellule est prête.

La saumure constituée par une solution de chlorure de sodium à 315-320 g par litre, dont on a éliminé la chaux et la magnésie par addition de soude, et éventuellement les sulfates par le chlorure de baryum [1], et qui peut être réchauffée par des solutions résiduaires, arrive en F par un diaphragme en tantale qui règle son débit et emplit la cellule de façon à recouvrir entièrement les électrodes; portée à 80°-85° par effet Joule, la lessive s'écoule goutte à goutte (de façon à interrompre le courant électrique) à l'extrémité d'un tube J dont l'inclinaison variable permet de modifier dans une certaine mesure la pression à l'intérieur de la cellule en fonction de l'état du diaphragme.

Une telle cellule qui peut fonctionner sous 12 000 A travaille avec 7 000 A sous 3,45 V (tension théorique : 2,33) en donnant 215 kg de chlore par jour.

Un atelier comportant 6 boucles de 36 cellules peut donc produire 50 t par jour avec une dépense en énergie de 2 720 kWh par tonne, soit un rendement en courant de 95,5 pour 100 et un rendement en énergie de 64 pour 100.

Le chlore, maintenu en très légère pression dans la cellule de façon à éviter un décollement du diaphragme et aspiré par

1. Cette élimination des sulfates donne lieu à des discussions : les avis sont assez partagés sur la teneur en SO_3 qu'on peut tolérer.

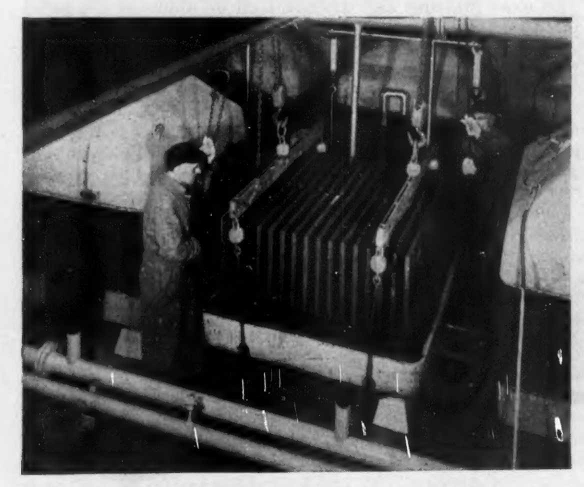


Fig. 3. — ***Le fond de cuve d'une cellule Hooker avec son bloc anodique.***
(*Photo* LUEDEKE).

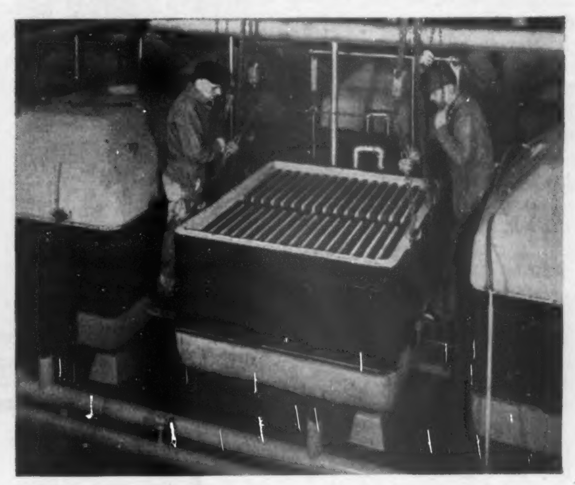


Fig. 4. — ***Mise en place du bloc cathodique d'une cellule Hooker.***
(*Photo* LUEDEKE).

des pompes à anneau liquide, contient environ 3 pour 100 d'impuretés (CO_2 : 1,6; CO; 0,1; H_2 : 0,22; O_2 : 0,2; N_2 : 0,1).

Les anodes, qui s'usent par formation de CO_2 et de CO et se délitent, permettent de produire environ 100 t de chlore (soit une usure d'environ 3 kg par tonne de chlore) ce qui correspond à un fonctionnement d'environ seize mois, laps de temps durant lequel on aura utilisé trois diaphragmes; le changement du diaphragme, qui s'opère par exemple après des productions de 25 et 55 t de chlore, est des plus faciles : on ouvre la cellule, on extrait le porte-cathode et on détruit le diaphragme par un arrosage à la lance d'un quart d'heure, puis on en fabrique un nouveau comme nous l'avons indiqué précédemment et on remonte la cellule. L'ensemble de l'opération n'exige que trois quarts d'heure alors qu'un changement des éléments sur les anciennes cellules Monthey demandait huit jours de travail.

Comme dans toutes les cellules, l'électrolyse n'est pas poursuivie jusqu'à ce que tout le chlorure de sodium soit décomposé, car le rendement diminue au fur et à mesure que la concentration en sel baisse, tandis que la concentration en chlorate, formé par réaction secondaire, augmente. On sort donc une solution contenant encore 160 à 165 g de sel par litre et 138 à 140 g de soude. La très faible teneur en chlorate (0,2 g/l) rend l'élimination spéciale de ce sel inutile et la solution est envoyée à l'atelier de concentration, où en travaillant dans des appareils à multiples effets en continu, on précipite le chlorure de sodium (qui, après essorage, retourne aux cuves où se préparent les saumures) et on obtient des solutions de soude à 50° Bé (d : 1,430 ou 49 pour 100 en poids) ne renfermant que 5 g de chlorure de sodium au litre.

Notons que pour obtenir les lessives exemptes de chlorure de sodium qu'exigent certaines industries (celle de la rayonne, par exemple), à partir de ces solutions, il est nécessaire de les soumettre à des traitements spéciaux (traitement par l'ammoniac utilisé aux États-Unis, cristallisation de l'heptahydrate, employée en Allemagne) qui, à notre connaissance, ne sont pas mis en pratique en France.

L'hydrogène, maintenu en légère pression de façon à éviter toute rentrée d'air dans son circuit, titre environ 99,8 pour 100.

Cellules à cathode de mercure. — Le principe de ce procédé consiste dans l'emploi d'une cathode circulante en mercure au contact de laquelle le sodium formé s'amalgame tandis que le chlore se dégage; le mercure contenant environ 0,1 pour 100 de sodium s'écoule de la cellule et passe dans un décomposeur dans lequel il fournit, en présence d'eau, de l'hydrogène et de la soude.

La cellule Solvay initialement utilisée a été l'objet de divers perfectionnements et parmi les cellules récentes, nous citerons la cellule Péchiney, utilisée à Saint-Auban, les cellules de Nora et Mathieson (fig. 5), employées aux États-Unis.

Les cellules Péchiney (fig. 6) sont constituées par un long bac (d'environ 12 m) de section rectangulaire (1,20 × 0,12), en acier ébonité, légèrement incliné et sur le fond duquel s'écoule (à raison de 1 l par seconde), sur une épaisseur d'environ 1 cm, du mercure formant cathode. Deux files d'anodes en graphite en T, de 0,60 m de long et de 10 cm de haut, juxtaposées, sont fixées au couvercle de la cellule et peuvent être amenées à une distance réglable (6 mm environ) de la cathode.

La saumure, à 310 g/l de ClNa, très épurée (du fait de l'instabilité de l'amalgame de magnésium), arrive à la partie haute et s'écoule parallèlement au mercure. Portée vers 70° par effet Joule, elle est soumise à l'électrolyse : tandis que le chlore se dégage, le sodium formé au contact du mercure est entraîné par celui-ci sous forme d'amalgame.

Le mercure contenant environ 0,1 pour 100 de sodium s'écoule à la partie basse du bac pour aller au décomposeur.

Tandis que dans les anciennes cellules, le décomposeur était constitué par un bac disposé parallèlement au premier mais incliné en sens inverse, les nouvelles cellules sont dotées d'un décomposeur vertical, constitué par un cylindre au sommet duquel une pompe envoie le mercure chargé d'amalgame, lequel se décompose au contact de l'eau qui arrive par le bas. Les morceaux de graphite qui emplissent le cylindre activent la décomposition de l'amalgame avec formation d'hydrogène qui se dégage et de soude. La solution de soude dont la concentration est amenée à la valeur voulue par un apport convenable d'eau est pratiquement exempte de chlorure de sodium (0,3 g par litre). On obtient ainsi sans difficulté de la soude à 50 pour 100 et on peut même préparer de la soude à 70 pour 100 en opérant dans un décomposeur à deux étages.

Le mercure retourne alors à l'électrolyseur tandis que la saumure, dont la concentration est tombée à environ 260 g/l, va au saturateur.

Une telle cellule qui fonctionne sous 4,8 V et 50 000 A fournit 1 475 kg de chlore par 24 h, soit avec une dépense en énergie de 3 800 kWh par tonne.

Les rendements en courant et en énergie sont respectivement de 93 et de 62 pour 100. On peut admettre une dépense de 5 kg d'anode et de 400 g de mercure par tonne de chlore.

Comparaison des deux types de cellules. — Généralement plus simples que les cellules à diaphragme, les cellules à mercure présentent le grand avantage de fournir directement de la soude concentrée et exempte de chlorure de sodium.

La cellule à mercure travaille, par contre, sous une tension plus élevée (on ne récupère pas l'énergie dégagée par l'action de l'eau sur le sodium comme dans le cas du diaphragme) et l'emploi du mercure constitue une servitude.

Si des mesures d'hygiène bien comprises écartent les risques d'intoxication du personnel, on ne doit pas perdre de vue, d'une part, l'immobilisation qui résulte de l'emploi de quantités importantes de mercure (2,3 t par cellule Péchiney) dont le prix est très élevé (de l'ordre de 40 000 F le litre), et, d'autre part, les pertes de mercure qui sont inévitables.

Le souci principal de l'exploitant est de diminuer ces pertes qui descendent rarement à moins de 400 g de mercure par tonne de chlore. On a tenté, d'autre part, de réduire la quantité de mercure immobilisé en mettant au point des cellules à disque

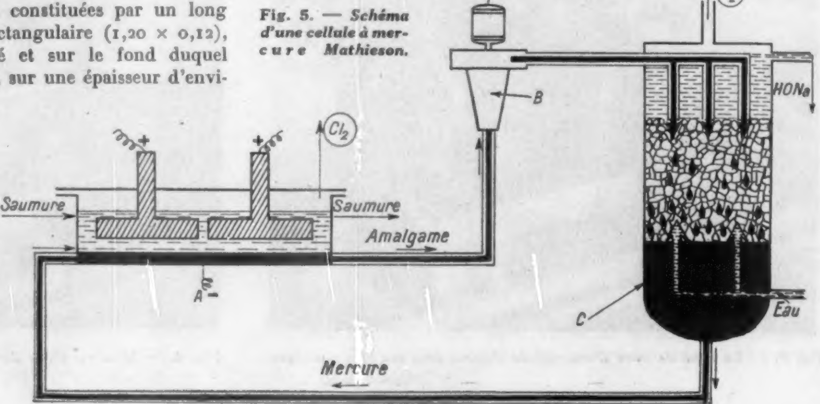


Fig. 5. — Schéma d'une cellule à mercure Mathieson.



Fig. 6. — *Vue partielle de l'atelier d'électrolyse de Saint-Auban employant des cellules à mercure avec décomposeurs verticaux.* (Photo PÉCHINEY).

dans lesquelles la couche de mercure formant cathode serait beaucoup plus mince, mais les essais poursuivis en Allemagne, notamment à Rheinfelden, ne paraissaient pas concluants.

Comme nous l'avons déjà signalé, les cellules à mercure, très utilisées en Allemagne, voient leur emploi se développer depuis quelques années aux États-Unis. En France, cellules à mercure et cellules à diaphragme produisent des quantités de chlore à peu près égales, ce qui semble montrer qu'au point de vue économique, les deux procédés sont sensiblement équivalents. Pour une usine devant s'établir dans une région déterminée, le choix entre les deux méthodes dépendra de divers facteurs : destination de la soude produite (la soude devant, selon les cas, être plus ou moins concentrée et exempte ou non de chlorure de sodium); prix respectifs du kilowatt-heure et de la tonne de combustible, leur comparaison permettant de savoir si l'on a intérêt à économiser le courant électrique dont la consommation est plus faible avec la cellule à diaphragme, ou le charbon, dont la dépense est moindre avec la cellule à mercure, qui fournit une solution de soude nettement plus concentrée.

Utilisation des produits obtenus. — Dans un article précédent, nous avons indiqué les débouchés de la soude. Nous examinerons, dans une prochaine étude, les diverses utilisations du chlore, soit sur place, soit dans des usines annexes.

Quant à l'hydrogène, il constitue un sous-produit dont les destinations sont très variées. Dans le cas d'un atelier de chlore très important, on a monté parfois, comme à Saint-Auban, une fabrication d'ammoniac utilisant cet hydrogène comme matière première, mais les tonnages d'hydrogène produits ne correspondent pas aux besoins d'une usine de synthèse moderne et on préfère généralement, soit utiliser cet hydrogène sur place pour des fabrications conduites à une échelle plus faible : acide chlorhydrique de synthèse, hydrogénations organiques diverses (cyclohexanol, etc.), réduction du chlorure de silicium en vue de production de silice très fine ou pour alimenter les chalumeaux permettant la préparation des pierres synthétiques, soit l'expédier dans des tubes sous 250 kg de pression.

Préparation de l'hypochlorite de sodium. — Cette préparation, qui ne s'opère que dans certains ateliers annexes d'une usine de blanchiment, consiste à faire circuler une saumure dans des bacs électrolytiques, munis le plus souvent d'électrodes unipolaires mais ne comportant pas de diaphragme, et dans lesquels la température est maintenue vers 20° par circulation d'eau; la solution chargée d'hypochlorite est utilisée dans l'atelier de blanchiment où l'hypochlorite est décomposé et le chlorure régénéré, puis elle retourne aux électrolyseurs.

Obtention du chlorate de sodium. — Le chlorate de sodium est utilisé pour le désherbage (notamment des voies ferrées) et pour la préparation du chlorate de potassium qui entre dans la composition de divers explosifs, des artifices, de pâtes pour allumettes, et que nous exportons en assez grande quantité (de l'ordre de 13 000 t).

En France, la production de chlorate de sodium, conduite dans quatre usines, atteint environ 20 000 t.

On procède à l'électrolyse d'une solution de chlorure de sodium, contenant 7 à 10 g de bichromate de sodium par litre, sans diaphragme, en veillant à ce que la température ne dépasse pas 35°. L'hypochlorite, formé dans ces conditions, se transforme en chlorate (équation 3) dont la réduction par l'hydrogène, dégagé à la cathode, serait évitée par la présence du bichromate; celui-ci agirait de plus comme tampon, en maintenant le *p*H de la solution entre 6,8 et 7,2.

On travaille sous 3,2 à 3,4 V, dans des bacs munis d'anodes en graphite et de cathodes en fer, dans lesquels circule la saumure venant des saturateurs et dont la température est mainte-

nue entre 30° et 35° par une circulation d'eau froide : on évite ainsi une élévation de température qui, favorable à la formation des chlorates, entraînerait une consommation importante d'anodes (en Russie, on travaille à une température nettement plus élevée, mais en utilisant des électrodes en platine).

La saumure contient à son entrée dans le bac 200 g de chlorure de sodium et 300 g de chlorate par litre et, lorsqu'elle quitte le bac, 100 g de chlorure de sodium et 500 g de chlorate. Elle séjourne 24 h dans des décanteurs afin que le graphite provenant de la destruction des anodes se dépose, puis elle est portée à — 6°, par circulation de saumure à — 16°, de façon que le chlorate de sodium cristallise. Il s'en dépose de l'ordre de 200 g par litre. On sépare le chlorate par essorage et on le sèche à 150°, tandis que la solution retourne au bac électrolytique après s'être à nouveau saturée en chlorure de sodium.

Le rendement courant atteindrait 78 pour 100 et on compterait sur une dépense de 6 100 kWh par tonne de chlorate, pour l'électrolyse, auxquels il conviendrait d'ajouter 300 à 400 kWh pour la circulation de la saumure et le traitement du sel.

Le chlorate de potassium, beaucoup moins soluble [1], s'obtient par double décomposition entre ClO_3Na et ClK. Après raffinage par dissolution et recristallisation, on le sèche à 220° et on lui ajoute un peu d'hydrocarbonate de magnésium pour éviter qu'il ne reprenne en masse.

Ces fabrications exigent de nombreuses précautions du fait de l'inflammabilité des chlorates (moteurs capotés, lubrification spéciale, etc.).

Préparation du sodium. — On électrolyse un mélange de chlorure de sodium (48 pour 100) et de chlorure de calcium (72 pour 100) maintenu à 650°, par effet Joule, sous une tension de 8 V et avec une intensité de 12 000 A. Dans ces conditions, seul le chlorure de sodium est théoriquement électrolysé; en fait, le sodium obtenu contient 1 pour 100 de calcium.

Les fours (fig. 7) ayant environ 2 m de haut et 1,7 m de diamètre comportent une anode centrale en graphite A, séparée de la cathode annulaire en acier B par un diaphragme en toile de fer Armco C qui évite la recombinaison du chlorure et du sodium. Ils contiennent 4 t de bain et fournissent de l'ordre de 225 kg de sodium par jour.

Le sodium, extrait par aspiration, est décanté à 100°; on obtient ainsi un métal pur et du sodium à 20 pour 100 de cal-

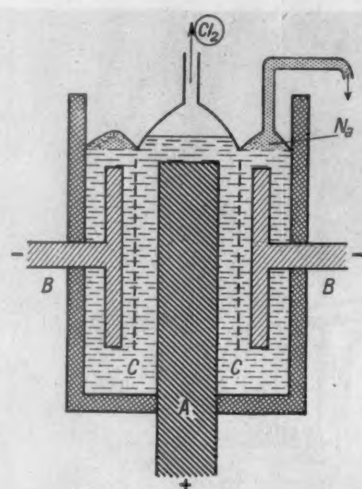


Fig. 7. — Schéma d'un four à sodium.

cium qui par pressage redonne du sodium liquide et du calcium riche en sodium.

On compterait sur une dépense de l'ordre de 10 kWh par kilogramme de sodium.

Le sodium, dont la production annuelle est, en France, de l'ordre de 4 000 t, est utilisé notamment pour la préparation du peroxyde de sodium, des cyanures (procédé Castner à l'amidure), de l'alliage plomb-sodium nécessaire à l'obtention du plomb-tétraéthyle, ainsi que pour l'obtention des dérivés organiques de l'étain.

Aux États-Unis, l'industrie du sodium s'est considérablement développée (sa production a atteint 120 000 t en 1952) et ce métal, qu'on transporte dans des wagons-citernes à double enveloppe de façon à pouvoir liquéfier le métal lors du déchargement, est également vendu sous forme de dispersions à 50 pour 100 de sodium dans des liquides tels que le toluène, le xylène, le benzène, faciles à manipuler; elles sont utilisables directement pour certaines préparations et sont proposées également pour l'élimination des impuretés sulfurées du pétrole.

Henri Guérin,
Professeur à la Faculté des Sciences de Nancy.

1. A 25°, 100 g d'eau dissolvent 100 g de chlorate de sodium et 9 g de chlorate de potassium.

La lutte contre la corrosion par la cyanamide de plomb

Une étude récente parue dans la revue *La Métallurgie* sous la signature de M. R. Delmas a attiré l'attention sur l'intérêt que présente l'emploi de la cyanamide de plomb dans la lutte contre la corrosion. On estime que 25 millions de tonnes de fer sont détruites chaque année par la rouille.

La protection par dépôt métallique ne s'applique qu'à des cas particuliers ; par contre le revêtement par peinture est le procédé le plus général, le plus facile et le moins coûteux. Un nouveau pigment, la cyanamide de plomb, mis au point en Allemagne en 1935, prend une importance considérable.

La cyanamide de plomb $PbCN_2$ dérive de l'acide cyanique $N \equiv C — OH$, par son amide, la cyanamide $N \equiv C — NH_2$, où l'hydrogène est remplacé par le plomb. C'est une poudre jaune citron. Son procédé de fabrication est protégé par des brevets. Elle a fait son apparition sur le marché français en 1948. Sa faveur croissante s'explique du fait que le résultat des applications industrielles déjà réalisées confirme les propriétés antirouille annoncées par les revues spécialisées. Des essais industriels ont été entrepris depuis trois ans par l'Électricité de France, la S. N. C. F., les Ponts et Chaussées, les Mines domaniales de Potasse d'Alsace, le Gaz de France, la Compagnie Générale Transatlantique et d'autres compagnies de navigation. Partout les résultats ont confirmé la supériorité certaine de la cyanamide de plomb sur les autres pigments antirouille. Dans la métallurgie, plusieurs cokeries françaises ont imposé l'utilisation des peintures à la cyanamide pour leurs nouvelles installations.

L'étude du comportement dans l'eau de ce produit a montré une décomposition lente en ammoniac et en oxyde de plomb hydraté, ce qui explique que ses suspensions aqueuses atteignent le *p*H 9,5.

La cyanamide de plomb est compatible avec les liants usuels des peintures, son pouvoir couvrant est élevé, son emploi est facile. Ces peintures sont stables et peuvent être stockées. On peut penser que ce nouveau pigment apportera une aide efficace à l'importante question de la lutte contre la rouille.

LES THÉORIES DE L'AUDITION

3. Après Helmholtz

Les trois hypothèses de la théorie de Helmholtz (analyse périphérique des sons, réception localisée des fréquences dans l'oreille, résonance d'éléments accordés aux diverses fréquences) exposées dans notre précédent article ([1]) prêtaient à discussion; aussi des dizaines d'autres théories de l'audition, imaginées par des physiciens, des physiologistes, des médecins, ont-elles vu le jour dans le demi-siècle qui a suivi, jusqu'à l'époque récente où des constructions, sans doute encore incomplètes, ont pu être fondées sur des bases plus solides.

Il est intéressant d'analyser brièvement quelques-unes de ces théories, parmi celles qui ont eu le plus de succès, afin de connaître — et d'apprécier à la lumière des faits maintenant connus — les moyens par lesquels leurs auteurs ont cherché à résoudre les problèmes de l'audition, tout en refusant, en totalité ou en partie, celui qu'avait adopté Helmholtz.

Les théories les plus complètement opposées à celle de Helmholtz n'admettent pas l'analyse périphérique des sons, mais leurs auteurs pensent au contraire que le nerf auditif transmet fidèlement les vibrations, et que l'analyse est centrale, c'est-à-dire cérébrale; ce sont les théories téléphoniques.

D'autres acceptent l'analyse périphérique avec localisation des fréquences, mais rejettent la résonance pour expliquer cette localisation; d'autres enfin acceptent l'analyse des vibrations par l'oreille, sans admettre la localisation des fréquences dans la cochlée.

Théories téléphoniques. — La plus célèbre des théories téléphoniques est celle de Rutherford (1886); physiologiste, celui-ci n'admettait pas la localisation ni la résonance sélective; les résultats des lésions localisées de la cochlée, considérés en général comme appuyant la théorie de Helmholtz, ne lui paraissaient en effet — et à juste titre, semble-t-il — pas concluants.

Dans la conception de Rutherford, toute cellule ciliée peut être stimulée par n'importe quel son, grave ou aigu, simple ou complexe. Par l'intermédiaire des cellules ciliées, les vibrations sonores sont transformées en « vibrations nerveuses » de fréquence, amplitude et forme correspondantes; ainsi, la transmission par le nerf auditif est analogue à une transmission téléphonique; l'analyse des sons complexes n'a donc pas lieu dans l'oreille, mais dans le cerveau, et l'aptitude à effectuer cette analyse n'est pas innée : elle s'acquiert par l'entraînement. Une seule cellule ciliée peut théoriquement donner toutes les sensations auditives; toutefois, la possession d'un grand nombre de ces cellules n'est pas inutile, car elle nous permet d'avoir une plus grande sensibilité aux faibles différences de qualité des sons.

La théorie de Rutherford demandait aux fibres du nerf auditif de suivre les fréquences audibles les plus élevées, que l'on croyait alors être 40 000 ou même 60 000; comme le fonctionnement des nerfs n'était pas connu, cette exigence ne paraissait pas excessive; mais on sait aujourd'hui qu'une fibre nerveuse ne peut fonctionner à une fréquence supérieure à 1 000, et que le nerf auditif ne suit la fréquence du son que jusqu'à un certain maximum, mais non dans toute la gamme des fréquences audibles; la théorie de Rutherford n'a donc plus qu'un intérêt historique.

Hardesty, en 1908, adoptait aussi une théorie téléphonique, mais en considérant, pour des raisons anatomiques, que c'est la membrane tectoriale, et non la basilaire, qui est mise en mouvement et stimule les cellules ciliées.

La faiblesse des théories téléphoniques, nées du refus de la localisation et de l'analyse périphérique, était de s'attacher surtout à expliquer la transmission des fréquences et la perception des hauteurs, en négligeant les autres caractères des sons, notamment leur intensité.

Une autre théorie n'est pas sans parenté avec elles, la théorie de Wrightson (1876). Celui-ci était ingénieur; d'après lui, chaque déplacement de la membrane basilaire, dans un sens ou dans l'autre, déforme les cils des cellules de Corti et produit une stimulation; il y a donc quatre stimulations par période, et la fréquence de fonctionnement du nerf doit être quadruple de celle du son. Lorsque le son stimulant est complexe, la réponse nerveuse, au lieu d'être régulière, contient des séries rythmiques distinctes, en nombre égal à celui des composantes sinusoïdales; l'identification de ces séries rythmiques par les mécanismes centraux permet l'analyse des sons complexes.

Théories admettant l'analyse périphérique et la localisation, sans résonance. — Les auteurs de ces théories considèrent, en général, que des ondes ou des déformations se propagent le long de la membrane basilaire, généralement supposée élastique.

Théorie de Hurst (1894). — Quand l'étrier se déplace dans la fenêtre ovale, une onde étroite prend naissance et progresse sur la membrane basilaire, jusqu'à l'apex de la cochlée, puis redescend le long de la membrane de Reissner. Si, après une période complète, l'étrier s'enfonce à nouveau dans la fenêtre ovale avant que cette onde ait terminé son circuit, une nouvelle onde montante prend naissance et rencontre l'onde descendante en un certain point de la cochlée; en ce point, le liquide cochléaire est comprimé par les deux pressions qui s'exercent sur lui en sens contraire, la tectoriale est appliquée sur les cellules ciliées, et la stimulation se produit.

La position de la région ainsi stimulée dépend de l'intervalle entre les moments où prennent naissance les deux ondes, donc de la fréquence du son. Si l'intervalle est grand, la rencontre a lieu vers la base de la cochlée; si l'intervalle est bref, la rencontre a lieu vers l'apex (fig. 1).

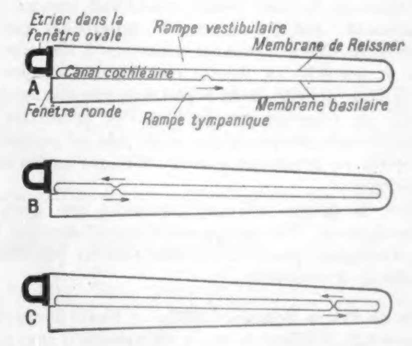


Fig. 1. — *Illustration de la théorie de Hurst.*
Coupe longitudinale très schématique du limaçon supposé déroulé. A, déplacement d'une « onde montante » sur la membrane basilaire ; B, rencontre d'une onde montante et d'une onde descendante (son grave) ; C, rencontre d'une onde montante et d'une onde descendante (son aigu).

1. Les théories de l'audition : 1. La naissance des théories, *La Nature*, n° 3228, avril 1954, p. 146 ; 2. La théorie de la résonance, *La Nature*, n° 3229, mai 1954, p. 188.

Ce n'est pas l'un des moindres défauts de la théorie de Hurst que d'aboutir à une localisation (graves à la base, aigus à l'apex) inverse de celle qui était généralement admise. Hurst contestait la valeur des résultats expérimentaux sur lesquels était fondée la conception de la localisation héritée de Helmholtz; cela lui était encore permis, mais la discussion sur ce point n'est plus possible aujourd'hui, les méthodes électrophysiologiques ayant montré le bien-fondé de cette conception classique.

Théorie de ter Kuile (1900). — Pour Émile ter Kuile, qui était médecin otologiste, la membrane basilaire intervient seule, la membrane de Reissner ne joue pas de rôle important. Lorsque l'étrier se déplace vers l'intérieur, la basilaire s'enfonce dans la rampe tympanique, et cette déformation se propage vers l'apex (fig. 2, B et C); quand l'étrier revient vers l'extérieur, il y a appel de liquide vers la rampe vestibulaire, et la membrane se relève (fig. 2, D); la partie déformée de la basilaire se raccourcit ainsi par la base en même temps qu'elle s'étend vers le sommet (fig. 2, E); lorsque l'étrier atteint sa position la plus externe, enfin, cette déformation s'éteint (fig. 2, F), ayant atteint un point d'autant plus proche du sommet qu'il s'est écoulé plus de temps entre l'aller et le retour de l'étrier ou que la fréquence est plus faible. La hauteur perçue dépend donc de la longueur de basilaire qui a été stimulée, et la théorie de ter Kuile aboutissait ainsi à une distribution des fréquences semblable à celle qui est admise par la théorie de la résonance. Elle présentait cependant d'autres difficultés et devait se compliquer beaucoup pour rendre compte, notamment, de l'analyse des sons complexes et de la perception des intensités.

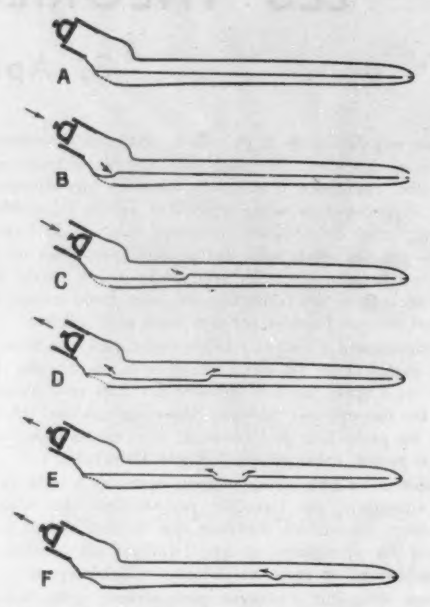


Fig. 2. — ***Illustration de la théorie de E. ter Kuile.***
Déplacements de l'étrier dans la fenêtre ovale et ondes de la membrane basilaire au cours d'une période vibratoire. Comme dans la figure précédente le limaçon est supposé déroulé ; la membrane de Reissner, qui ne joue pas un rôle spécial dans cette théorie, n'est pas représentée. A, au début l'étrier est dans sa position la plus externe ; B, l'étrier se déplace vers l'intérieur ; C, le déplacement vers l'intérieur est presque terminé ; D, E, l'étrier se déplace vers l'extérieur ; F, l'étrier approche de sa position la plus externe et l'onde de la basilaire atteint la limite de son déplacement. (D'après E. G. Wever, *Theory of hearing*, John Wiley and Sons, Inc., New-York, 1950 ; reproduit avec l'autorisation de l'auteur).

Théories admettant l'analyse périphérique sans localisation des fréquences. — **Théorie d'Ewald ou de l' « image sonore » (1898).** — Ewald, professeur de physiologie à Strasbourg, faisait appel à des vibrations de membrane pour expliquer la perception des fréquences, mais il rejetait aussi bien l'idée d'une résonance largement étalée que celle de résonnateurs spécifiques; d'après lui, quand un son parvient à l'oreille, un système d'ondes stationnaires s'établit sur la membrane basilaire; le nombre de nœuds et de ventres augmente avec la fréquence, et leur répartition figure une « image sonore » caractéristique de la hauteur; dans le nerf auditif, la répartition des fibres stimulées et des fibres inactives reproduit, en quelque sorte, cette « image sonore » : telle est la représentation de la hauteur dans le message nerveux.

Si l'on admet la formation de deux ventres et trois nœuds pour la fréquence 20, il doit y avoir 100 ventres par millimètre pour la fréquence 32 000; Ewald considérait comme possible, anatomiquement, que des ventres si rapprochés puissent se former sur la basilaire et donner naissance à des stimulations distinctes. Il justifiait sa théorie par des expériences sur un modèle à grande échelle, dans lequel une membrane de caoutchouc, mise en vibration par un diapason, présentait en effet un système d'ondes stationnaires; mais rien ne permet d'attribuer à l'oreille les propriétés d'un modèle qui ne lui ressemble que grossièrement.

En outre, la théorie d'Ewald présentait une grande difficulté : l'analyse des sons complexes oblige d'admettre la possibilité de distinguer plusieurs images sonores simultanées, ce qui est difficile à concevoir.

Théorie de Pierre Bonnier (1893). — Pierre Bonnier, otologiste, reprochait à l'hypothèse de Helmholtz d'être physique, non physiologique. Dans tous les organes sensoriels, chaque élément est capable de recueillir toutes les valeurs de l'excitant; pourquoi en serait-il autrement dans l'organe auditif ?

Bonnier discutait les propriétés vibratoires de la basilaire, telles qu'on les inférait de sa structure; d'après lui, les excursions de l'étrier dans la fenêtre ovale ne provoquent pas la propagation d'oscillations moléculaires le long du limaçon, mais le déplacement en masse du liquide vers ses voies d'issue (fenêtre ronde et aqueduc du limaçon) quand l'étrier se déplace vers l'intérieur, et en sens inverse quand l'étrier se déplace vers l'extérieur. Cet ébranlement en masse, cette oscillation totale des liquides labyrinthiques a une amplitude beaucoup plus grande que des oscillations moléculaires; ce n'est donc pas la vibration sonore elle-même qui agit sur l'organe de l'ouïe, mais une force qui en est dérivée : la membrane basilaire et la papille sensorielle qu'elle porte se trouvent en effet alternativement enfoncées dans la rampe tympanique et relevées vers la rampe vestibulaire.

Bonnier constate que, pour expliquer l'analyse des sons, la physique connaît seulement deux procédés : les résonnateurs et les enregistreurs. Influencé sans doute par l'invention du phonographe, comme Rutherford l'avait été par celle du téléphone, il refuse d'admettre l'existence de résonnateurs dans l'oreille et il conçoit celle-ci sur le modèle d'un enregistreur. Un enregistreur est un appareil qui permet à l'ébranlement, par l'intermédiaire d'un stylet, de s'inscrire sur une surface impressionnable. Ici, l'oscillation intéresse d'abord la base de la membrane spirale, et, comme lorsqu'on secoue transversalement l'extrémité d'une corde suspendue, l'ébranlement se propage successivement à tous les points; cette série continue d'oscillations transversales figure une ondulation longitudinale qui se propage tout le long de la corde (ou de la membrane) et rappelle la courbe qu'inscrit le stylet d'un enregistreur sur la surface sensible. Tous les points de la membrane basilaire oscillent tour à tour avec la même périodicité; les cellules de

Corti sont irritables par tiraillement de leurs cils quand la papille sensorielle s'abaisse vers la rampe tympanique, et le tiraillement mesure le déplacement de la papille de sa position d'équilibre, par conséquent l'intensité de l'ébranlement en ce point; il n'y a plus de stimulation des cellules ciliées quand la papille se relève, la périodicité des stimulations reproduit donc celle des vibrations; enfin la forme de la vibration s'exprime par la distribution des irritations élémentaires pendant chaque période.

En définitive, « tous les éléments de la papille sensorielle occuperont successivement le niveau correspondant à chacun des points de la courbe ondulatoire, et réciproquement chaque point de la courbe sera constamment analysé par la série des éléments continus ».

La théorie de Bonnier admet donc que l'oreille analyse la forme de l'ébranlement, mais sans le décomposer en vibrations pendulaires; chaque point de l'organe de Corti reproduisant, dans ses déplacements, la fréquence du son, l'activité des fibres du nerf auditif doit avoir la même périodicité.

Bonnier n'encourait certes pas le reproche de manquer d'ingéniosité, et il écartait dès l'abord celui de donner une théorie échappant à tout contrôle, en disant au début de son mémoire : « Ce n'est donc pas par voie expérimentale que nous sera révélée la nature intime des phénomènes auditifs; et ce serait, à notre avis, se fermer à plaisir l'esprit à toute recherche scientifique que d'exiger en tout le contrôle expérimental. » Nous en jugeons autrement aujourd'hui !

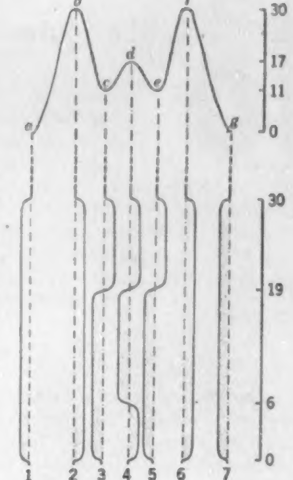
Théorie de Max Meyer (1898). — La théorie du psychologue Max Meyer présente, comme celle de Bonnier, la particularité d'admettre à la fois l'analyse des sons dans l'oreille et la transmission des fréquences par le nerf auditif.

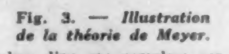
La membrane basilaire, dans cette théorie, n'est pas supposée élastique; elle se déforme quand les pressions sont différentes dans les deux rampes, n'offrant aucune résistance à un déplacement limité, au delà duquel sa résistance croît très vite et aucun mouvement n'est plus possible.

Quand l'étrier s'enfonce dans la fenêtre ovale, la membrane basilaire s'enfonce dans la rampe tympanique, et cette déformation s'étend aussi loin dans le limaçon qu'il est nécessaire pour faire place à tout le liquide déplacé par l'étrier. Quand l'étrier revient en arrière, la basilaire revient également et, dans un cas comme dans l'autre, son déplacement part de la base de la cochlée; si le mouvement de retour a une amplitude inférieure à celle du mouvement d'aller, la partie apicale de la déformation persiste. Conçue comme non élastique et totalement amortie, la membrane basilaire ne transmet pas elle-même les mouvements ondulatoires, et les déformations lui sont imposées par les déplacements du liquide labyrinthique.

L'excitation des cellules ciliées se produit une fois par période, et la réponse du nerf a la fréquence du son stimulant; de l'intensité du son dépendent la longueur de membrane basilaire déplacée, et le nombre de cellules ciliées impliquées dans ce déplacement.

La figure 3 montre, sur un exemple, comment la théorie de Meyer explique l'analyse d'une onde non sinusoïdale. L'oreille reçoit une vibration formée de deux composantes, de fréquences 200 et 300; la membrane basilaire, au cours d'une période, prend successivement les positions 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7; la partie basale est intéressée par les mouvements à raison de 300 excitations par seconde, la suivante est stimulée 200 fois par seconde, la troisième 100 fois. La possibilité de distinguer les composantes d'un son est ainsi expliquée par l'activité de régions distinctes de la basilaire; le nerf auditif transmet ainsi plusieurs fréquences simultanément, par des groupes différents de fibres.




Fig. 3. — *Illustration de la théorie de Meyer.*
Analyse d'un son complexe par la membrane basilaire : a, b, c, d, e, f, g, onde sonore non sinusoïdale ; 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, formes prises par la membrane basilaire (représentée déroulée) aux divers moments de l'onde ; la rampe vestibulaire est à gauche, la rampe tympanique à droite.
(D'après E. G. Wever, *op. cit.*).

La théorie de Meyer est une autre tentative ingénieuse pour expliquer les phénomènes de l'ouïe sans faire appel à la résonance, mais elle présente le même caractère purement spéculatif que ses rivales.

* * *

Ainsi, pendant plusieurs dizaines d'annés, on a construit des théories de l'audition en choisissant d'accorder certaines propriétés à la membrane basilaire et certain mode d'activité au nerf auditif. Les recherches modernes se sont attachées à étudier effectivement les propriétés et le fonctionnement de l'une et de l'autre; s'il n'est pas encore de théorie de l'audition entièrement satisfaisante, du moins nos connaissances se sont-elles beaucoup enrichies relativement à la physiologie de l'oreille et des voies nerveuses auditives.

(à suivre).

André Gribenski,
Agrégé de l'Université.

ERRATA. — Des erreurs se sont glissées dans les notations des figures 7 et 8 du précédent article (mai 1954, p. 191). Fig. 7 : les lettres rv et rt doivent être interverties (la légende est correcte). Fig. 8 : au lieu de RV, rampe vestibulaire, lire RT, rampe tympanique. Voir la figure 11 où les notations sont correctes.

La montagne de fer de Cerro Bolivar au Vénézuéla

L'énorme gisement de minerai de fer de Cerro Bolivar au Vénézuéla a été découvert au cours de prises de photographies aériennes exécutées en 1947 en vue de l'établissement des cartes d'une zone de 29 000 km². Elles avaient attiré l'attention sur deux petites montagnes, dont celle de Cerro Bolivar. Les travaux d'exploration reconnurent plus de 500 millions de tonnes de minerai dans un gisement de près de 10 km de long, 1 200 m de large, d'une puissance moyenne de 70 m, sans morts terrains. Le minerai est constitué par un mélange d'hématite, de limonite et d'un peu de magnétite. Sa teneur moyenne est de 63,5 pour 100 de fer. Il est exempt de soufre.

L'exploitation a été entreprise par une filiale de l'United States Steel Corp. La première cargaison de minerai de Cerro Bolivar est arrivée aux États-Unis le 19 janvier 1954. L'extraction annuelle initiale serait de 5 millions de tonnes et serait portée plus tard au double.

LE JUTE ET SON INDUSTRIE

I. Le jute brut : culture et conditions de production

Par le tonnage produit, le jute se place au second rang des textiles, après le coton, avant la laine (1). *De toutes ces fibres, il reste cependant la plus mal connue du public ; malgré l'expérience amère de la guerre et de la ficelle de papier, le rôle essentiel du jute n'est pas toujours bien compris dans la vie économique du monde moderne. Dans un premier article, M. Paul Wagret examine la culture et la production du jute brut ; un second article sera consacré à son commerce et à son traitement industriel.*

★

La plante et son cadre naturel. — Le mot « jute » apparaît vers 1760; il serait la transcription de « jhout », mot dont se servaient alors les Indiens de la côte d'Orissa. Dans le delta du Gange, on employait le terme bengali « pat », utilisé encore aujourd'hui.

L'origine de la plante est obscure. D'après des descriptions de plantes semblables contenues dans des textes égyptiens et arabes, on admet généralement que le jute est originaire du Proche-Orient méditerranéen, ainsi que beaucoup de végétaux. Il a dû être introduit très tôt dans le subcontinent indien, car il semble y être connu de temps immémorial (on en trouve trace dès le IXe siècle avant notre ère); pendant longtemps ses feuilles furent employées comme nourriture et infusion médicinale, tandis que sa fibre servait à la confection d'étoffes rugueuses et de cordages. Il appartient au genre *Corchorus* et à la famille des Tiliacées. Deux espèces, sur une trentaine existantes, sont cultivées comme plantes annuelles : le *Corchorus capsularis*, ou jute blanc, et le *Corchorus olitorius* (fig. 3), ou tossa (appelé aussi desi). Le premier va du blanc crème au gris foncé, selon l'eau qui a servi pour le rouissage; le second, de texture plus fine, plus doux au toucher, plus résistant aussi, a une teinte qui varie du jaune rosé ou doré au gris brun.

1. Voir V. Prévot, Les textiles d'aujourd'hui, *La Nature*, n° 3216, avril 1953, p. 120.

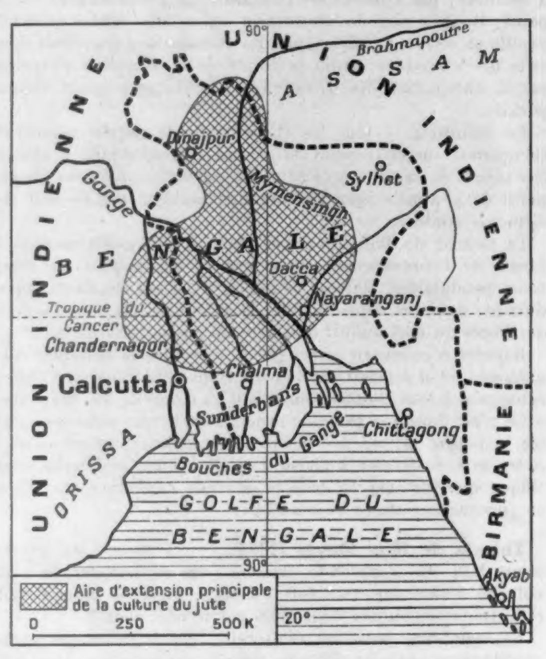


Fig. 2. — *Le Pakistan oriental et l'aire de culture du jute.*



Fig. 1. — *Tiges de jute à maturité.*
(Photo Ambassade du Pakistan).



Fig. 3. — *Tiges fleuries de* Corchorus olitorius.
(D'après W. Jackson Hooker. *Botanical Magazine*).



Fig. 4. — *Le sarclage du jute.*
(Photo Syndicat général de l'Industrie du Jute).



Fig. 5. — *Récolte en pleine eau.*
(Photo Syndicat général de l'Industrie du Jute).

Le jute atteint à sa maturité une hauteur de 3 à 4 m en une seule tige droite, qui ne comporte de ramifications qu'au sommet (fig. 1). Exigeant chaleur et humidité, il réussit particulièrement bien au Bengale, où se trouvent à peu près réalisées les conditions optima : température moyenne 26°, indice hygrométrique de l'air 80, précipitations abondantes allant de 60 mm mensuellement à l'époque des semailles, à 300 mm par la suite. Aujourd'hui partagé entre l'Union Indienne et le Pakistan, le Bengale, delta commun du Gange et du Brahmapoutre, détient un véritable monopole de la production de jute brut dans le monde (fig. 2).

Dans ce cadre de terres alluviales basses, les Sunderbans, parcourues par d'innombrables arroyos, la verdure envahissante, que favorise la mousson, recouvre le pays traditionnel des tigres, des pythons et des éléphants. Les étendues dorées des champs de jute (fig. 1) font tache au milieu des rizières; des paysans y travaillent, la tête protégée du soleil ardent par un chapeau de paille en forme d'ombrelle; quelques huttes de bambou, au toit couvert de chaume, annoncent le village proche.

Un million de familles, musulmanes (Pakistan) ou hindouistes (Inde), vivent ici de la culture du jute. Mais le pullulement humain est tel (la densité dans le district de Dacca dépasse 1 160 au km²), les techniques agricoles sont si primitives, l'outillage si archaïque (l'irrigation artificielle est réalisée par d'invraisemblables efforts, sans le secours de machines) que le niveau de vie est en général misérable. Les travaux sont pénibles : il faut une main-d'œuvre abondante et peu exigeante. Aussi, à la différence des plantations de coton, d'hévéa, de thé, etc., le jute reste le type de la culture familiale; il procure aux *ryots* (paysans), les revenus destinés aux achats de vêtements, au paiement des dettes et des impôts; la nourriture fondamentale est le riz.

Préparation du jute brut. — Les semailles ont lieu de mars à mai, à la volée, sur le sol labouré et (rarement) fumé; le jute blanc, « pat » (*Corchorus capsularis*), plus robuste, supportant mieux l'humidité, est semé sur les terres basses, que recouvrira la crue des rivières; le jute « tossa » (*C. olitorius*) est semé sur les terres hautes, à la façon du riz de montagne : son rendement est moindre, mais sa qualité et sa valeur sont supérieures.

Pendant la croissance, il suffit de sarcler et d'éclaircir. Cette opération se fait à la main, avec un instrument primitif (fig. 4). De juin à octobre, soit trois à quatre mois après les semis, on récolte, plus tôt sur les terres basses humides, plus tard sur les terres hautes. La récolte se fait à la serpe ou à la faucille, dans l'eau jusqu'à la ceinture parfois (fig. 5), et les tiges sont amon-

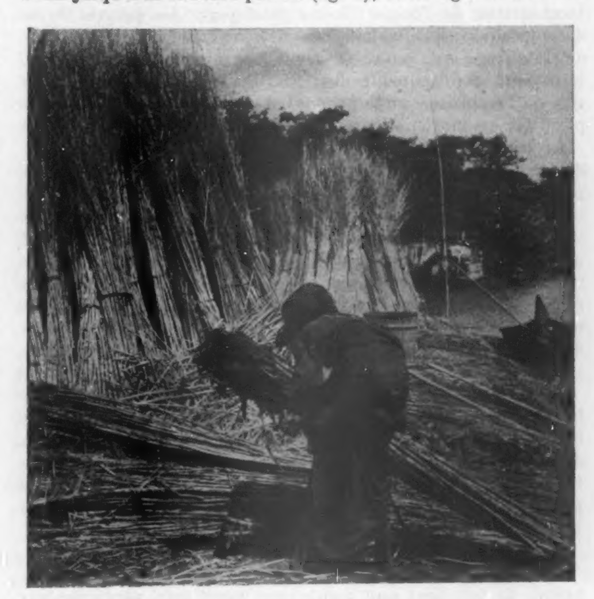


Fig. 6. — *Amoncellement des tiges fraîchement coupées.*
(Photo Ambassade du Pakistan).



Fig. 7. — *La fibre du jute est séparée de l'écorce.*
(*Photo Ambassade du Pakistan*).



Fig. 8. — *La confection des « kacha bales ».*
(*Photo Ambassade du Pakistan*).

celées en tas; après quelques jours, quand les feuilles sont tombées, on lie les bottes (fig. 6) que l'on charge ensuite sur des bateaux plats jusqu'aux endroits choisis pour le rouissage.

La fibre, qui ne représente que 5 p. 100 du poids total de la tige, se trouve entre l'écorce et le noyau ligneux. Le rouissage, analogue à celui du chanvre, a pour but de faciliter le décollage de la fibre par le développement d'un processus de fermentation bactérienne; les tiges sont maintenues par des mottes de gazon dans l'eau stagnante, pendant une dizaine de jours : les délais extrêmes vont de trois jours à un mois. Chaque jour, le paysan vient gratter de l'ongle l'écorce pour juger des progrès de la décomposition; lorsque la fibre se détache facilement, le moment de l'écorçage est venu. Le choix du moment opportun est important, car la qualité ultérieure du produit en dépend. Le rôle de l'empirisme reste primordial et n'a pu encore être remplacé par un moyen scientifique d'une précision absolue.

Le travail le plus pénible intervient alors : par battage, on détache les lanières de fibre de l'écorce (fig. 7) et on les lave en pleine eau pour ôter les impuretés ligneuses qui adhèrent encore; dans l'eau jusqu'à mi-corps, l'ouvrier frappe les tiges sur la surface liquide. Le rendement est très bas : chaque ouvrier ne dépasse pas une vingtaine de kilogrammes par jour (1/2 *maund* de 39 kg); il recevait pour sa journée, en 1950, une roupie (moins de 100 F); il est vrai qu'il était nourri, mais la modicité des salaires, comparée au travail de force exigé, apparaît éclatante; elle n'a d'égale que la pauvreté générale des producteurs eux-mêmes.

Après essorage, on fait sécher les lanières sur des cadres de bambous, ou plus simplement sur le toit des chaumières ou le long des chemins, de préférence à l'abri du soleil. L'opération du séchage est importante : plusieurs incendies survenus à la fin du XIXe siècle dans les docks de Londres ont été provoqués par l'échauffement de cargaisons de jute humide. Enfin, les fibres sont liées en bottes : elles sont prêtes pour la vente.

Du village aux centres d'expédition. — Les manipulations du jute brut sont nombreuses avant qu'il parvienne aux usines de transformation; les intermédiaires ne se comptent plus, les usages de l'Inde se prêtant au développement d'innombrables éléments parasitaires, courtiers, agents, représentants, prélevant chacun taxes et commissions. Même au Pakistan, où théoriquement la société ne connaît pas de discrimination analogue au système des castes, ces abus sont courants. Des ordonnances sévères de 1941 et 1949 ont tenté de réglementer le commerce du jute, sans clarifier la situation; en particulier, le rôle des usuriers reste considérable.

Ceci est d'autant plus vrai que l'ignorance des paysans est plus profonde en matière de prix et de qualités; leur pauvreté ancestrale et le poids de leurs dettes expliquent la hâte qu'ils montrent à se débarrasser, tous en même temps, de la totalité de leur récolte; ils ne cherchent pas à stocker pour vendre au meilleur cours, et ils ne le pourraient que bien difficilement d'ailleurs, faute d'emplacements adéquats. L'usage immémorial est de tout vendre en bloc avant la fin de la saison humide, au moment où toutes les rivières sont navigables.

Une quantité évaluée à moins de 5 pour 100 est gardée pour les usages domestiques, tout le reste est vendu selon un système compliqué : une partie est négociée au marché du village même (marché primaire), ou bien parfois au marché secondaire, dans un gros bourg voisin. Mais la plus grosse part, de 70 à 80 pour 100 de la récolte est cédée directement à des acheteurs itinérants, les *beparis*, qui travaillent soit pour eux-mêmes, soit plus souvent pour le compte de gros acheteurs des villes ou des ports, les *mahajan*.

Le jute brut est ainsi stocké, aggloméré en paquets grossiers appelés *kacha bales* (fig. 8 et 9), souvent liés avec des lanières de jute même; leur poids varie de 1,5 à 4 maunds (59 à 156 kg); le type le plus répandu correspond à 3,5 maunds, soit 137 kg. Les kacha bales sont expédiées, soit directement vers les usines indiennes de Calcutta, soit vers les centres d'emballage pour l'exportation; on procède ici à la confection de ballots plus soignés, les *pucca bales* (littéralement : « bardé de fer »), dont le volume est réglementé par les autorités gouvernementales de contrôle, et le poids uniformisé à 400 livres anglaises (182 kg). Cette opération est réalisée principalement dans le centre de Narayanganj, où se trouvent la plupart des presses d'emballage; mais le nombre de celles-ci, malgré des achats récents de matériel à l'étranger, demeure insuffisant, ce qui pose au Pakis-



Fig. 9. — *Avant la confection et le chargement des balles.*
(*Photo Ambassade du Pakistan*).

tan oriental un difficile problème d'équipement. Les balles sont ensuite acheminées par chemin de fer et surtout par bateau vers Chalna et Chittagong, les deux ports d'embarquement.

Naturellement, de nombreuses qualités de fibres sont différenciées avec soin, notamment dans les pucca bales, destinées à l'exportation. Une classification stricte a été édictée par le gouvernement pakistanais, basée sur la longueur des fibres, leur épaisseur, leur couleur, leur résistance, etc. A l'intérieur de chacune des deux grandes variétés, blanc et tossa, on distingue ainsi, en valeur décroissante : le *jat*, le *district*, le *northern*... Les qualités du *Bihar*, de l'*Assam*, d'*Orissa*, produites surtout dans les provinces indiennes, sont moins appréciées; quant aux *cuttings*, ce sont les tronçons de bas de tige, durs et de qualité inférieure. A qualité correspondante, le jute tossa est coté légèrement plus cher que le blanc.

L'instabilité des prix est considérable sur le marché du jute, aux échelons supérieurs. Mais, au village, le prix varie peu. Le caractère spéculatif de ce commerce est bien marqué, favorisé par les multiples intermédiaires. Avant 1947, Calcutta était le marché unique du jute, et la quasi-totalité des transactions s'y opéraient, entre vendeurs et acheteurs étrangers. Depuis le partage du pays, Dacca et Chittagong, au Pakistan oriental, sont devenus des centres importants. Les acheteurs français se sont groupés en un *Groupement de réunion et répartition du Jute* qui achète en grosses quantités, et rétrocède à ses adhérents. Malgré l'institution d'un *Jute Board* pakistanais et d'un *Central Jute Committee* indien, la surveillance des cours reste difficile; les amplitudes sont toujours spectaculaires sur les marchés de gros, tandis que la rémunération des paysans reste aussi aléatoire.

Le tableau ci-dessous fait ressortir les cours extrêmes du jute brut commercial (qualité moyenne) :

Années	Prix de la tonne anglaise en livres sterling	Années	Prix de la tonne anglaise en livres sterling
—	—	—	—
1939	19 à 31	1951	163 à 260
1947	74 à 90	(conséquences de la guerre de Corée)	
1949	83 à 117	1952 (mai)	125
1950	108 à 112	1954 (fin mars)	100

Cette instabilité est d'autant plus gênante pour les acheteurs que le Pakistan est pratiquement le seul exportateur mondial de jute brut.

Le Pakistan, grand producteur mondial. — Le Bengale et les provinces limitrophes fournissent pratiquement la totalité (97 pour 100) du jute brut mondial. Depuis le partage politique de 1947, il faut distinguer la part des territoires de l'Union Indienne (Bengale occidental, Assam, Bihar, Tripura, Orissa...), environ 1/5 du total; et la part du Pakistan (Bengale oriental), les 4/5 restants (fig. 2). Mais il convient d'insister sur celui-ci, car il est seul à produire les qualités supérieures réclamées par l'exportation; les qualités indiennes, moins appréciées, servent uniquement aux usines de Calcutta ou aux usages domestiques. Cette partie familiale échappe d'ailleurs aux statistiques.

Au Bengale pakistanais, la province de Mymensingh arrive en tête, produisant à elle seule le quart du jute récolté dans le pays. Mais les rendements sont très irréguliers, allant de moins de 100 kg/ha à plus de 1 500 parfois. Dans l'Inde, le rendement moyen est inférieur de près de moitié. Les efforts, dans chaque état, des laboratoires de Dacca et de Calcutta tendent à assurer la sélection des semences et à améliorer les procédés agraires. Mais l'émiettement des parcelles (chaque paysan consacre en moyenne moins d'un hectare au jute) et le caractère familial de l'exploitation sont des obstacles sérieux à la modernisation.

L'Inde, particulièrement, est gênée par les effets du partage de 1947 : avant la « Partition », en effet, les exportations de jute lui payaient ses achats de produits alimentaires; or, elle a perdu le jute, mais garde 300 millions d'habitants à nourrir. Pis encore : pour faire tourner ses usines, elle doit acheter le jute au Pakistan voisin. Aussi l'Inde cherche-t-elle à en étendre la culture sur son territoire. Il faudra sans doute de longues années avant que cette politique commence à porter ses fruits.

L'essor de la culture en grand du jute date de l'époque 1860-1870 : le développement de la consommation avec l'avènement du machinisme et avec l'exploitation accrue des ressources agricoles de la planète, joint à la mécanisation de l'industrie de transformation du jute (Dundee), ouvrit à cette date de larges possibilités; l'ouverture du canal de Suez, les difficultés d'approvisionnement en lin et en chanvre au moment de la guerre de Crimée, puis en coton à la suite de la guerre de Sécession, furent autant de circonstances favorables.

Après avoir progressé considérablement de 1870 à 1918 (emploi des sacs de terre dans la guerre de tranchées), la surface exploitée et la production de jute brut se maintinrent ensuite à un niveau à peu près constant, le tonnage oscillant entre 1 et 2 millions de tonnes. Mais les paysans, ignorants des lois économiques, désarmés en face de la crise (1930-1937), durent, à partir

de la fermeture des marchés extérieurs en 1939-1940, être mis en tutelle par l'Administration britannique : le règlement draconien de 1941, à la suite d'une récolte pléthorique pratiquement invendable, recensait les parcelles et édictait une réduction obligatoire des surfaces, allant jusqu'à la moitié. La situation fut ainsi redressée dans les années de guerre. Le tableau ci-après précise l'évolution de la production depuis le partage de 1947 :

Années	Surfaces exploitées en hectares	Production en tonnes	Remarques
1947	535 000	—	
1948	823 000	1 237 000	« Boom » consécutif à l'indépendance.
1949	750 000	997 000	
1950	625 000	906 000	Inondations et mauvaises conditions atmosphériques.
1951	515 000	808 000	
1952	712 000	1 275 000	Nouveau « boom » dû à la guerre de Corée.
1953	—	1 230 000	
1954	400 000 ?	765 000 ?	

(Ces chiffres concernent uniquement le Pakistan; à titre de comparaison, la production mondiale a été en 1950 de 1 200 000 t). La récolte de 1952, qu'avait stimulée les hauts prix consécutifs au conflit coréen, laissait un surplus de 250 000 t; celle de 1953 aggrave le problème. La surproduction, menaçante comme en 1941, vient d'obliger le gouvernement pakistanais à ordonner de sérieuses mesures de réduction des surfaces pour l'année 1954, réduction allant jusqu'à 50 pour 100; la production devrait, d'après le plan, être stabilisée à 765 000 t, afin d'éviter l'avilissement des prix et la ruine des petits producteurs indigènes.

Autres producteurs mondiaux. — Au même moment, et depuis un certain temps, des acheteurs de jute brut, désireux d'échapper au monopole de la zone sterling, de mieux assurer leur ravitaillement ou de développer leurs propres possessions d'outre-mer, s'efforcent de trouver d'autres sources d'approvisionnement. Diverses variétés de jute étaient cultivées dès avant la guerre à Formose (30 000 t en 1937), au Japon, en Chine, au Siam, à Java; le Tonkin en produisit des quantités appréciables pendant la guerre pour les besoins de l'Indochine. Ailleurs, dans le monde, citons l'Égypte, la Turquie, l'Iran et diverses parties de l'Afrique et de l'Amérique. Mais, en 1950, la contribution de tous ces producteurs réunis n'atteignait pas 3 pour 100 du total mondial.

Au Congo belge, une fibre analogue, l'*Urena lobata*, a très bien réussi; cultivée par les indigènes, elle est vendue aux usines de sacs de l'Afrique centrale. Une enquête effectuée par les services français a abouti en 1947 à la mise sur pied au Gabon et au Moyen-Congo d'une expérience-témoin, réalisée par la Société des Fibres coloniales (SOFICO) et financée par l'industrie française du jute : des essais de culture mécanisée et l'emploi de techniques nouvelles ont donné d'excellents résultats, dans la ferme-pilote du Niari, vaste de 5 000 ha; celle-ci est destinée à fournir des semences de qualité d'*Urena lobata* aux cultivateurs indigènes. 25 t ont été produites la première année (1947), 300 t en 1949, 1 200 en 1951, 2 000 en 1952... Une usine a été montée qui réalise le dégommage chimique de la fibre par des procédés originaux, au lieu du rouissage classique. Il y a là une tentative intéressante pour l'industrie française. D'autres essais sont en cours au Maroc, à Madagascar, au Cameroun; il s'agit d'un effort de longue haleine.

Aucun « ersatz » satisfaisant du jute n'a encore été capable de le détrôner parmi les fibres naturelles : quant aux fibres artificielles, elles ont eu jusqu'ici l'inconvénient de coûter très cher. En général, des fibres de remplacement ne sont utilisées que comme des palliatifs, lorsque les circonstances ou la cherté des prix rendent malaisé l'approvisionnement direct au Bengale.

Parmi les fibres naturelles analogues au jute, certaines sont bien connues et ont leurs usages propres, comme le sisal ou la ramie. Le sisal, cultivé au Mexique et en Afrique, est une plante très résistante, mais qui présente le gros inconvénient de ne pouvoir être travaillée dans les machines utilisées pour le jute; ce problème de matériel entrave son essor. La ramie, cultivée en Italie et en Extrême-Orient, fournit d'assez belles fibres, mais n'a guère d'autre emploi que d'être mêlée au chanvre et au genêt (parfois au jute importé) pour obtenir un textile grossier.

Les diverses variétés de chanvre doivent être classées à part : elles ne sauraient être considérées comme de simples *ersatz* du jute; le règne du chanvre est très ancien à travers toute l'Europe. Mais, si le chanvre possède une solidité remarquable, son prix de revient est généralement plus élevé que celui du jute. Des variétés particulières aux usages précis sont difficilement remplaçables, il est vrai, tel le chanvre de Manille. Une variété américaine, dite « chanvre de Sunn » est réputée pour sa solidité et sa résistance à l'humidité, mais son rendement est faible et son prix élevé.

Il existe de nombreuses autres fibres utilisées industriellement sur une faible échelle : la rose trémière d'Afrique australe, la *caroa* du Brésil (développée entre 1940 et 1945), la *rosella* de l'Indonésie (acclimatée à Java en 1934, elle paraît capable de fournir un fil très solide). Deux plantes surtout, outre l'*Urena lobata* déjà citée, pourraient à la longue devenir des rivales pour le jute du Bengale. Le *kenaf* fournit une fibre particulièrement épaisse et résistante, de couleur pâle, d'aspect assez semblable au jute; son nom scientifique est *Hibiscus cannabinus*; on le connaît en A. O. F. sous le nom de « chanvre de Guinée » (ou *da*), et dans la province de Madras sous celui de *bimlipatam*. On le cultive au Brésil, à Cuba, en Amérique centrale où il a bénéficié des recherches effectuées par les laboratoires américains), mais aussi en Afrique, en Mandchourie, en Iran, ainsi qu'en Asie centrale et en Transcaucasie. Le *kenaf* aurait, selon certains bruits, totalement remplacé le jute dans l'industrie spécialisée de l'U. R. S. S.

L'autre fibre susceptible de rivaliser avec le jute est produite par la *Malva blanca*; elle est peut-être même plus solide encore que le jute. Mais, à Cuba où elle est cultivée, elle n'a jamais fait l'objet d'une tentative d'utilisation sérieuse. Le règne du jute ne sera vraiment menacé que le jour où apparaîtra, à bon marché égal, une plante plus solide et plus durable que lui.

(*à suivre*).

PAUL WAGRET,
Agrégé de l'Université.

Caoutchouc conducteur

Le caoutchouc, substance normalement isolante, peut être rendu conducteur en lui incorporant certains types de noirs de fumée. On a pu ainsi obtenir des caoutchoucs dont les résistances sont comprises entre 100 et environ 100 000 ohms (caoutchoucs conducteurs) et supérieures à 100 000 ohms (caoutchoucs « non statiques »). Ces nouveaux caoutchoucs, qui conservent toutes les autres qualités normales du caoutchouc ordinaire, trouvent leurs applications pour empêcher ou permettre la décharge immédiate de l'accumulation d'électricité statique sur les véhicules routiers, planchers, avions, etc. Ainsi un avion muni d'un pneu en caoutchouc conducteur sera immédiatement déchargé à l'atterrissage ; des pneus en caoutchouc non statique empêchent d'autre part l'accumulation d'électricité statique, cause des interférences radiophoniques. Le caoutchouc non statique trouve également une application importante dans les salles d'opération des hôpitaux et dans les manufactures d'explosifs où une décharge d'étincelles peut être particulièrement dangereuse.

Le S.E. 5 000 « Baroudeur »
avion de chasse sans train d'atterrissage



Fig. 1. — *Le « Baroudeur » en vol.*

L'une des principales sujétions des grandes vitesses atteintes aujourd'hui est l'atterrissage. En effet, la charge alaire augmentant continuellement, il en est de même de la vitesse d'atterrissage, et par suite de la longueur des pistes bétonnées, malgré l'utilisation de volets-freins ou de parachutes de queue pour intensifier le freinage. Or, qui dit pistes très longues dit vulnérabilité en cas de guerre, sans parler du prix de revient des aérodromes. Nous avons vu dans un récent article (1) qu'un des moyens d'obvier à ces inconvénients était l'emploi d'hydravions de chasse utilisant des plans d'eau naturels pour l'envol et l'amérissage.

Une nouvelle solution nous est aujourd'hui présentée par la S.N.C.A. du Sud-Est, avec son nouvel intercepteur, le S.E. 5 000 « Baroudeur » (fig. 1). Cette société a en effet décidé de supprimer purement et simplement le train d'atterrissage. Cet organe, dont le poids sur les avions actuels est de l'ordre de 5 pour 100 du poids total, ne sert que pendant un temps très court au début et à la fin du vol, et grève lourdement le devis de poids aux dépens de la charge utile.

Le « Baroudeur », avion d'appui aérien monoplace, doté d'un armement puissant, a une aile en flèche assez accentuée. Son empennage horizontal, également en flèche (42°), est placé au sommet de la dérive. Il est à incidence variable en vol, ce qui améliore nettement la maniabilité aux vitesses transsoniques. L'appareil est propulsé par un réacteur S.N.E.C.M.A. « Atar » 101 C de 2 800 kg de poussée, dont les entrées d'air sont situées dans le bord d'attaque de l'aile, de chaque côté du fuselage. Toutefois, les appareils de série pourront être munis de propulseurs plus puissants, tels que des « Atar » 101 E.

Le décollage s'effectue en partant d'un chariot monté sur pneus à basse pression et propulsé par six fusées à poudre (fig. 2). Ce chariot repose sur trois roues, comme un avion classique, un diabolo central à l'avant et deux roues latérales à l'arrière. La mise en place de l'avion sur le chariot s'effectue



1. Où en est l'hydraviation, *La Nature*, n° 3222, octobre 1952, p. 289.



Fig. 2. — *Le « Baroudeur » sur son chariot de décollage.*

au moyen d'une jeep munie d'un treuil. Dès que l'avion a atteint sa vitesse de sustentation, il quitte le chariot et ce dernier est freiné automatiquement sur une très courte longueur. Pour l'atterrissage, on a repris un principe qui avait déjà été essayé à la fin de la dernière guerre sur des chasseurs allemands tels que le Messerschmit 163, l'atterrissage sur patin.

Les essais effectués ces derniers mois par le « Baroudeur » sur tous les sols possibles et imaginables, depuis les pistes en béton jusqu'au sable de la plage de La Baule en passant par l'herbe et le sol en graviers d'Istres, ont montré l'excellence de la formule. Avec ses patins en magnésium coulé, l'avion est freiné en moins de mille mètres.

Au point de vue de la sécurité, il n'y a plus à redouter les atterrissages de secours en dehors des pistes, puisque tous les terrains conviennent. Les performances sont encore tenues secrètes, mais il est déjà certain qu'elles seront au moins égales à celles des meilleurs intercepteurs actuels. Ainsi, au moment où l'O.T.A.N. ouvre un concours pour un chasseur léger à prix de fabrication réduit, la France possède dans le « Baroudeur » un atout de classe capable de rivaliser avec les productions étrangères telles que le Folland « Gnat » anglais.

J. Spincourt.

Intéressante expérience de télévision entre Tours et Paris

A l'occasion de la Grande Semaine de Tours et du soixantenaire de l'École supérieure d'Électricité, la Compagnie générale de Télégraphie sans fil et la Compagnie française Thomson-Houston, sous l'égide de la Radiodiffusion-Télévision française, ont présenté pour la première fois en France, le 11 mai dernier, une retransmission de reportage à grande distance avec projection sur grand écran des images reçues. De la grande salle du palais de Chaillot à Paris, on put voir sur un écran cinématographique et avec une excellente qualité les vues prises au même instant à Tours.

La prise de vue était faite au moyen d'un véhicule de reportages de la R.T.F. comportant un équipement video réalisé par la C.F.T.H., muni de caméras à Photicon (tube analyseur perfectionné dérivant du supericonoscope). La liaison Tours-Paris était assurée par un matériel léger de faisceaux hertziens de la C.S.F., fonctionnant sur des fréquences d'environ 6 500 Mc/s et utilisant des puissances d'émission de l'ordre de 1 W produites par un klystron réflex modulé en fréquence. Le son accompagnant la vision était transmis en même temps que celle-ci au moyen d'une sous-porteuse incorporée au signal de vision. Les aériens paraboliques d'émission et de réception avaient un diamètre d'environ 1,25 m.

Les stations relais intermédiaires entre l'hôtel de ville de Tours et le palais de Chaillot étaient au nombre de six, à savoir : Saint-Symphorien ; Château de la Brosse (près de Saint-Laurent de Gâtine) ; Fontaine-Raoul (près de Cloyes) ; Grand Chavernay (près de Voves) ; Marché-Parfond (près d'Ablis) ; Tour Eiffel. Les portées des différents bonds étaient de 25 à 57 km, trois d'entre elles étant supérieures à 50 km.

Profitant de la mise en place de ce réseau dont le sens de fonctionnement avait été inversé et grâce à l'installation d'un émetteur de télévision de 50 W dans la bande des 200 Mc/s installé sur le grand château d'eau de Saint-Symphorien qui domine la ville de Tours, il fut possible aux Tourangeaux de suivre le programme de télévision de Paris pendant la durée des manifestations de la Grande Semaine de leur ville.

Ces transmissions à caractère expérimental sont un prélude à l'installation définitive de la télévision à Tours pour une date à venir qui n'a pas encore été fixée.

Revenant au spectacle sur grand écran du palais de Chaillot, indiquons que l'équipement de projection (procédé Cintel), présenté par la C.F.T.H., constitue l'une des innovations techniques de ces dernières années. Le bloc projecteur, commandé à distance, comporte un tube à rayons cathodiques fonctionnant sous une tension anodique de 50 kV et dont le faisceau électronique a une intensité moyenne de 3 mA pouvant atteindre en crête 15 mA. L'écran de ce tube cathodique est aluminé et sa lumière est réfléchie vers l'écran au moyen d'une optique de Schmidt ayant une ouverture relative voisine de l'unité. L'écran de projection, spécial, à tissu métallique permet par sa directivité d'augmenter la luminosité des images. Dans les conditions de l'expérience du 11 mai (format de l'image 6,40 × 5,10 m), cette brillance pour les parties claires des images était équivalente à celle d'un écran diffusant éclairé par 70 lux.

Y. A.

Conservation par le froid des pellicules photosensibles

Les propriétés des pellicules photographiques évoluent progressivement après leur fabrication : diminution de la sensibilité et du contraste, accroissement du voile. Cette évolution, particulièrement gênante dans les pellicules pour la photographie en couleurs où les trois émulsions sont parfois affectées différemment, est favorisée par une température et un degré hygrométrique élevés. A leur emballage, les émulsions sont à un degré hygrométrique de 40 à 60 pour 100, assurant la meilleure conservation ; si l'emballage atténue notablement les variations de l'humidité, la protection cesse toutefois dès que la boîte est ouverte.

Suivant la durée de conservation des émulsions (2, 6 ou 12 mois) il est recommandé de les maintenir à une température n'excédant pas 25, 15 ou 10° C ; pour les films ultrarapides et les films en couleurs, la température sera avantageusement abaissée jusqu'à — 15° C, permettant ainsi une conservation de plus longue durée. La conservation peut s'effectuer dans un réfrigérateur quelconque (les réfrigérateurs domestiques, où la température est voisine de 5° C, conviennent bien) mais il est essentiel de s'entourer de toutes les garanties contre une humidité excessive ; les émulsions devront donc être conservées le plus souvent en récipients scellés.

Au moment de leur emploi, les émulsions conservées à froid devront être ramenées à la température ambiante avant l'ouverture du récipient. Pour une température de conservation de 15° au-dessous de la température ambiante, le délai de réchauffement variera de 20 mn pour une pellicule en bobine à 4 h pour une bobine de 30 m de film cinématographique de 35 mm.

L'aluminium des latérites

La disparition d'une couverture végétale permanente est pour beaucoup de terrains la première étape d'une stérilisation inéluctable. Dans les pays intertropicaux, sous l'influence de la chaleur et des pluies torrentielles, le processus est particulièrement intense et rapide. Les sols végétaux installés sur la roche sont vite décapés. Puis la roche elle-même, si elle est constituée de granite, gneiss, micaschistes, basalte, etc., est lessivée par les eaux chargées de gaz acides et de sels, qui entraînent les oxydes alcalins et alcalino-terreux et la silice. Il ne subsiste alors que l'alumine, mélangée au sesqui-oxyde de fer qui lui donne une couleur rouge. C'est la latérite, qui en beaucoup de régions chaudes et humides recouvre le sol d'une véritable carapace où rien ne peut plus pousser.

Au cours des temps géologiques, l'alumine a pu, çà et là, se trouver plus concentrée ; ainsi se sont constitués les gisements de bauxite, longtemps seule utilisée pour l'extraction de l'aluminium. Cependant les besoins croissants de ce métal ont conduit à exploiter des latérites contenant 40 à 50 pour 100 d'alumine avec 15 à 18 pour 100 d'oxyde de fer. Les Guyanes anglaise et hollandaise en exportent déjà des tonnages notables. A la Jamaïque, on évalue les réserves à plusieurs centaines de millions de tonnes, et on extrait déjà annuellement 2 500 000 t environ. Trois groupes d'exploitants sont en activité : l'un extrait sur place l'alumine de la latérite, les deux autres expédient les minerais bruts vers les ports de l'Amérique du Nord.

Cette exploitation est heureuse, mais on ne saurait évidemment en prendre prétexte pour excuser la « latéritisation » d'immenses étendues par la destruction inconsidérée des forêts tropicales, qui constituent une richesse d'avenir bien plus prometteuse.

Minerve (Hérault)

ancienne capitale du Minervois

Minerve, ancienne capitale du Minervois, devenue simple village et bien déchue de son importance, conserve son intérêt géologique et historique. A l'écart des grandes voies de circulation, elle est pourtant méconnue; l'automobiliste n'a d'amour que pour les routes nationales.

D'où vient le nom mythologique de cette commune ? Probablement de la présence aux temps antiques d'un temple élevé en l'honneur de la déesse de la Sagesse. Il fut remplacé au ve siècle par une église romane érigée par saint Rustice ou Rustique, évêque de Carcassonne. A cette époque, les divinités païennes s'éclipsaient devant la Croix du Christ. Une inscription lapidaire que détient le musée de Narbonne donne la date exacte de la construction que confirme une épigraphe gravée sur la table de l'autel de l'édifice religieux.

Le Minervois, auquel on peut attribuer une superficie d'environ 700 km², s'appela aux VIIIe et IXe siècles *Suburbium Minerbense*, puis aux Xe et XIe siècles, il devint la vicomté de Minerve qui fut souvent en conflits avec ses voisines, les puissantes abbayes de Caunes et de Saint-Pons, pour des questions de limites de propriétés. Au XIIIe siècle, la croisade prônée par le pape Innocent III contre l'hérésie des Cathares ou Albigeois fit entrer ce pays dans l'Histoire. Après la conquête des pays d'Oc par Simon de Montfort, ce fut la viguerie de *Minerbez* qui fut l'héritière du nom et du territoire dont l'appellation, malgré la Révolution, se maintient encore. Le pays est aujourd'hui partagé entre les départements de l'Hérault et de l'Aude.

Géographiquement, le Minervois peut se diviser en deux parties de caractères nettement différents : le *Haut Pays*, causse sec et pierreux, d'une altitude moyenne de 500 m, domaine des troupeaux de moutons peu exigeants, qui pâturent une herbe rare, courte et parfumée, et le *Bas Pays* aux molles ondulations en pente douce, où la vigne donne un vin nerveux, coloré, riche en alcool, très apprécié du commerce vinicole pour faire des coupages avec les cépages de plaine.

La géologie de la dition est assez complexe. Pour l'expliquer, diverses thèses s'affrontent. Les schistes siluriens ou cambriens occupent la plus grande place; ils sont entremêlés de larges strates de calcaire cristallin ou dolimitique; le marbre de Caunes, à veines incarnadines, est fort prisé dans l'ameublement.

La structure géologique fait pressentir la siccité, mère de l'aridité. Pour l'éviter, on ne peut guère, sauf en certains points privilégiés, recourir à l'irrigation, car les cours d'eau qui entaillent le plateau sont déficients. Le Clamoux, l'Argentdouble, l'Ognon, la Cesse, le Brian, la Verzanoubres sont comparables à des *oueds* africains, à sec six ou huit mois de l'année.

La Cesse naît au sud de Labastide-Rouairoux, aux confins de la Montagne Noire; ses eaux peu abondantes s'évanouissent par infiltration bien avant d'arriver à Minerve et ne réapparaissent qu'à Aiguesvives, au nom bien porté, pour se jeter dans l'Aude à Sallèles d'Aude. Son cours est de 50 km et son débit des plus fantasques. Le Brian, dont la vallée est plus profonde, présente les mêmes caractéristiques; décrire l'une c'est décrire l'autre. Il voit le jour au hameau de Brian qui le baptise, puis s'engage en des défilés sauvages et déserts, analogues à ceux de la Cesse. Il reçoit le tribut des pauvres torrents de Rieussec et de Boissel et vient grossir la Cesse (quand il a de l'eau) au-dessous de Minerve après un trajet de 12 ou 15 km. Ses crues sont parfois très fortes sans causer trop de dégâts, car il ne parcourt qu'une région déshéritée. Toutes ces rivières au régime torrentiel ne coulent qu'à la fonte des neiges ou à la suite des pluies d'orage. Leurs crues sont violentes, souvent dévastatrices. Il est difficile d'y remédier, car la surface du causse, broutée, dénudée, lessivée par les pluies, privée de tous ses éléments fertiles, semble rebelle aux tentatives de reboisement.

Cette remarque ne s'applique toutefois qu'au Haut Pays, vaste solitude dont la pauvreté est un peu atténuée par le rapport du lait des brebis qui est dirigé sur Roquefort pour être transformé en fromages de haut goût. Dans le Bas Pays où la vigne est

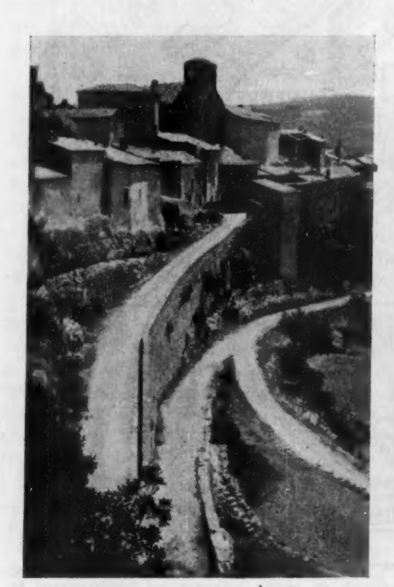






Fig. 1, 2 et 3. — *A gauche :* ***Minerve et son accès par la nouvelle route.*** — *Au milieu et à droite :* ***Cañon et méandres de la Cesse en amont de Minerve*** *(Photos Dr Marceron).*



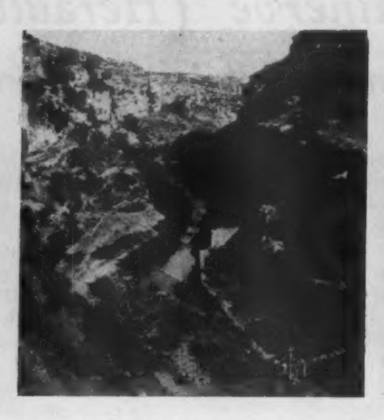




Fig. 4, 5 et 6. — *A gauche et au milieu :* ***Défilés du Brian près de Minerve.*** — *A droite :* ***Canal d'irrigation.***
(*Photos* Dʳ Marceron).

maîtresse, la situation n'est pas la même. La terre est riche des dépouilles du plateau dénudé depuis des siècles et ses propriétaires, qui pratiquent la monoculture, ne se soucient que des variations du cours de l'hecto-degré et, entre temps, de politique locale.

Pour l'orographie, le Minervois se rattache à l'est aux Pyrénées par le massif des Corbières, que prolonge la montagne d'Alaric. On peut dire que son ensemble forme une sorte de chaussée séparée en trois tronçons par des vallées transversales. Pour M. de Margerie, la ligne de Moux à Bize présente deux anticlinaux parallèles disposés en échelons qui ramènent le terrain nummulitique au milieu du groupe lacustre (Moux s'enorgueillit d'avoir vu naître le dramaturge Henri Bataille et de garder son tombeau que veillent les cyprès; son disciple, le bon poète Henri Lebrau, qui chanta l'Alaric et les paysages environnants, y vit encore et sa muse s'exalte sous le ciel lumineux de sa petite patrie).

Revenons à Minerve. Avec ses 190 habitants dont 126 dans l'agglomération, la commune n'offre d'autre ressource que l'inévitable débit de boissons. Il faut se résigner à camper ou s'installer dans l'unique auberge de La Caunette, laquelle est peut-être fermée, car je ne la vois plus figurer sur le *Bottin*. Dans ce cas, 4,5 km séparent les deux villages et ce handicap peut paraître fatigant et fastidieux à celui qui désire rester plusieurs jours dans la contrée. En auto, l'accès est facile, mais par voie ferrée on doit partir de Saint-Pons-de-Thomières, sur la ligne de Castres à Bédarieux, et prendre l'autocar qui passe à La Caunette en franchissant le col de Sainte-Colombe (636 m d'altitude).

Minerve n'est qu'à 250 m; c'est pourtant, suivant une expression imagée, « un nid d'aigle sur un abîme ». Au confluent de deux ravins abrupts, où s'enfouissent entre des parois hautes d'une centaine de mètres la Cesse et le Brian, le village est bâti dans un site étrange et presque surprenant.

Au moyen âge, la position pouvait paraître inexpugnable, bordée sur deux côtés par des précipices infranchissables et défendue sur le causse, seul point vulnérable, par un puissant château-fort, une enceinte et des fossés. C'est pourquoi, en 1210, la ville servait de refuge et de place-forte aux albigeois. Simon de Montfort résolut de s'en emparer. Il ne voulait pas se voir menacer par un foyer de rébellion capable d'inquiéter Carcassonne où résidaient sa femme et son fils sous la protection d'une faible garnison. Ses effectifs étaient minimes, car chevaliers et soldats ne se croisaient que pour quarante jours, à seule fin de gagner l'indulgence plénière promise par le pape Innocent III, puis, cette « période » accomplie, ils s'empressaient de regagner leurs provinces. Simon disposait donc d'environ 1 500 hommes qu'il répartit en trois groupes : l'un composé de Narbonnais sur l'isthme du causse, l'autre formé de recrues sur la rive droite de la Cesse, le troisième enfin dont il assuma le commandement sur la rive droite du Brian. C'était le poste le plus isolé et le plus dangereux, mais il avant l'avantage de dominer le chemin couvert par lequel les citadins allaient chercher l'eau potable au puits creusé dans le lit du Brian. Le nombre des assiégés ne dépassait pas 400 personnes, y compris femmes et enfants mais, comme nous l'avons dit, la position de défense était formidable et semblait devoir décourager toutes les attaques.

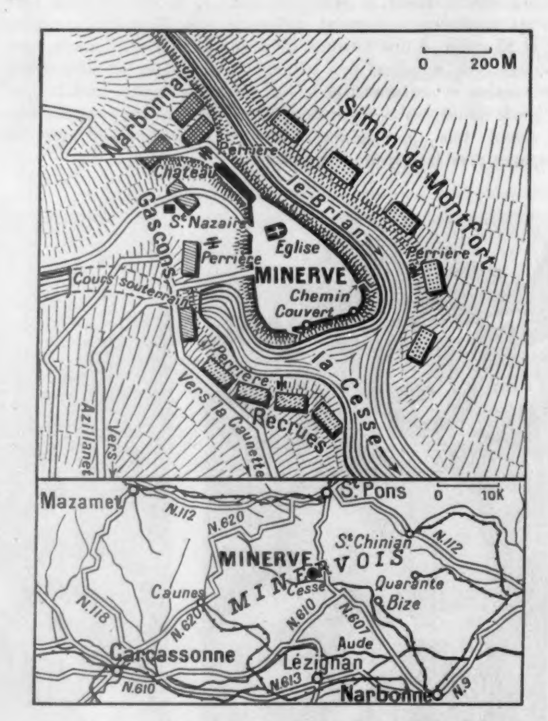


Fig. 7. — ***Minerve et ses assiégeants au XIIIᵉ siècle.***
On a figuré les emplacements de quatre perrières qui bombardèrent la forteresse. Les chemins sont représentés dans leurs tracés actuels. *En bas,* le Minervois et ses routes d'accès principales.

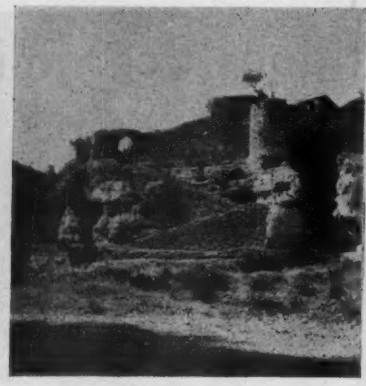




Fig. 8, 9 et 10. — *A gauche :* ***La poterne de Minerve.*** — *Au milieu :* ***La poterne et l'ancien chemin couvert accédant au Brian.*** *A droite :* ***Vestiges du camp de Noë (des Wisigoths) sur le causse.***

(*Photos* Dr MARCERON).

Le siège commença entre le mardi 15 et le dimanche 20 juin (on ne connaît pas la date exacte) et fut poussé activement. Des *perrières*, machines de guerre lançant des boulets par un système de contrepoids, bombardèrent la ville, causant des dégâts aux murailles de l'enceinte, et finirent par démolir le chemin couvert, interdisant l'accès au puits. L'une de ces machines, la plus forte du groupe Montfort, s'appelait la *Malvoisine*, nom bien expressif et symbolique. Elle faillit être brûlée lors d'un hardi coup de main nocturne des défenseurs, mais l'entreprise échoua grâce à la vigilance d'un gardien. Ce furent la faim et la soif surtout qui eurent raison du courage de la population et de la garnison : elles capitulèrent avec leur chef, le comte Guillaume, le 25 ou 26 juillet, après six ou sept semaines d'investissement.

Il était convenu que les habitants auraient la vie sauve à la condition de se convertir et d'abjurer l'hérésie; sinon ils seraient livrés au bûcher. A l'honneur de leurs convictions, plus de 140 préférèrent les flammes au reniement et beaucoup se jetèrent volontairement dans le brasier. Cet immense autodafé eut lieu, non dans la ville comme l'affirmèrent certains auteurs, mais dans le lit de la Cesse.

Il faut errer au gré de sa fantaisie dans les rues étroites de la localité, jeter un regard sur les boutiques artisanales où se conservent de vieilles traditions, examiner la forge du maréchal-ferrant où trône encore un archaïque soufflet, longer les remparts, interroger les vestiges des murailles pour s'imprégner des souvenirs du passé. Ici une civilisation aimable et douce dut capituler, devant l'avidité, la férocité, la volonté d'unifier les consciences que nous appellerions aujourd'hui « totalitaire »; mais il faut noter que la doctrine des « Parfaits » n'était pas sans critiques, car elle aboutissait à la négation de la vie.

Laissons l'Histoire pour gagner le lit de la Cesse par un sentier rocailleux peu propice aux escarpins féminins, et allons vers l'amont. Devant nous s'ouvre un sombre tunnel à l'aspect de caverne; l'entrée n'a guère que 6 à 7 m de haut mais, à la sortie, après un parcours de 150 m, le porche atteint 40 m de hauteur; 70 m plus loin nous arrivons à un autre tunnel de dimensions plus modestes. Ces couloirs ont été forés par la rivière dans les mêmes conditions que le fameux Pont d'Arc, à Vallon, dans l'Ardèche. Nous sommes dans un paysage étrange dont le décor est fait de pierre nue et crue. Des grottes aux embouchures béantes s'aperçoivent çà et là sur les flancs du cañon. La plupart ont été explorés par MM. Gautier et Rivière, certaines même exploitées pour l'extraction des phosphates de chaux et d'alumine. La plus grande, celle de la Coquille, proche de l'ancien moulin de ce nom, a plus d'un kilomètre de long et se termine par un lac souterrain. Son sol a fourni comme d'autres de précieuses reliques préhistoriques. Ces cavités servirent d'abri aux animaux et aux hommes; on y trouve des ossements de bêtes disparues et surtout des crânes d'*Ursus speleus* (ours des cavernes), puis des silex taillés et perforés, des débris de poteries, etc.

Les roches surplombantes et suintantes se tapissent de l'élégante fougère au vocable poétique, *Adiantum capillus Veneris.* Le thalweg est garni d'une végétation où l'on distingue le Genévrier de Phénicie, la Clématite, le Buis, le Figuier sauvage, etc. Des fleurs odorantes embaument l'air surchauffé, pour le bonheur des abeilles diligentes, qui logent leur miel en des ruches rustiques. Parfois le promeneur voit filer devant lui l'agile et jolie couleuvre verte et jaune (*Zamenis viridiflavus*) ou la plus terne couleuvre de Montpellier (*Coluber monspessulanus*). Les vipères sont peu à craindre, car dans le jour elles se cachent sous les buissons ou sous les pierres plates et ne sortent que la nuit pour se mettre en chasse. Les rapaces sont nombreux dans ces solitudes, refuges des espèces pourchassées.

Sur le plateau troué par des avens dont les plus remarquables sont ceux de la Coquille, de la Couronnelle et de Bruis, les mégalithes ne sont pas rares et l'on peut signaler un dolmen bien conservé. On peut y voir aussi les vestiges des retranchements des Wisigoths qui campèrent là au début de notre ère avant d'envahir l'Espagne. Toute la région d'ailleurs, dans un rayon de 7 à 8 km, offre de multiples curiosités naturelles : arcades, ponts, grottes d'un grand intérêt pour le visiteur intrépide et bon marcheur.

CH. BROYER.

Un petit transformateur

Notre confrère britannique *Nature* (23 janvier 1954) a signalé un nouveau type de transformateur de petites dimensions, bobiné sans fil, mis au point aux « Bell Telephone Laboratories » et fabriqué par la « Western Electric Company ». Ce transformateur, destiné à être utilisé dans les amplificateurs des systèmes porteurs travaillant sur câble coaxial, se compose de deux gabarits cylindriques à parois minces, en verre Vycor (96 pour 100 SiO_2) dépoli, de la dimension des bobines de coton. Ces gabarits sont filetés au moyen d'un outil en diamant, recouverts par dispersion d'une couche de poudre d'argent et de verre dépoli, puis de cuivre par galvanoplastie. Le cuivre en excès est enlevé et il subsiste finalement des enroulements de cuivre à l'emplacement des rainures du filetage, ce dernier étant effectué de façon telle que les enroulements ne peuvent ni se contracter ni se dilater.

Les impressions sur métal, matières plastiques, céramique et verre

Dans un précédent article (1), nous avons rappelé les principaux procédés d'impression, typographie, héliogravure, lithographie, offset, en renvoyant pour plus de détails aux articles que nous avons naguère consacrés à ces différentes méthodes. Puis nous avons décrit le procédé à l'écran de soie, ou sérigraphie, avant d'exposer les méthodes d'impression sur étoffes. Il nous reste à évoquer l'application de ces procédés aux impressions sur d'autres supports que le papier ou l'étoffe : métaux, matières plastiques, céramique et verre.

Impression sur métal

Boîtes de conserves pour sardines, légumes, fruits, confitures, lait concentré, boîtes de cirage, tubes pharmaceutiques, capsules, fermetures dites « bouchons couronnes » pour bouteilles d'eaux minérales, de bière ou de pots de moutarde, coffrets pour gâteaux, quelquefois richement décorés, jouets métalliques, etc., d'innombrables objets très répandus ont fait de l'impression sur métal une branche importante dans l'ensemble des activités de l'imprimerie.

Les matières premières utilisées pour être imprimées sont : le fer blanc, le fer noir ou l'aluminium, présentés en feuilles de format standard d'une largeur d'au moins 50 cm pour une longueur pouvant atteindre 80 cm. On imprime également, mais de façon beaucoup moins fréquente, sur les grands formats : 100 × 80 ou 100 × 75 cm. L'épaisseur du métal à imprimer varie évidemment avec la nature des objets à confectionner; elle s'échelonne de 0,15 à 0,5 mm.

La première méthode utilisée pour l'impression sur métal a été la lithographie avec, par conséquent, tirage sur machine plate. Le dessin original était exécuté au crayon ou à la plume avec encre de Chine sur pierre litho, sur zinc ou sur aluminium, et pour les reproductions en couleurs, il était préparé autant de supports que de couleurs, selon le procédé classique de l'impression lithographique.

La pierre lithographique reste le support utilisé pour diverses sortes de cadrans métalliques (cadrans de pendules, de balances, de bascules) ainsi que de certains objets en planche (calendriers de poche en aluminium ou plaques publicitaires). Le tirage s'effectue sur presse à contre-épreuve avec blanchet de caoutchouc se déplaçant le long de la presse pour reporter sur le métal le sujet à imprimer préparé sur la pierre litho. Après tirage, la surface du métal est recouverte d'une couche de vernis qui protège l'impression.

Application de l'offset. — Le procédé offset, né de l'impression sur métal, s'y trouve évidemment pleinement généralisé. Il convient pour l'illustration des objets métalliques fabriqués en grande série, la rapidité du tirage sur machine rotative remplaçant le lent tirage sur machine plate (fig. 1 et 2).

On utilise pour l'établissement des reports les deux méthodes de copie à l'albumine sous négatif et de copie sous positif avec attaque au perchlorure de fer (offset creux). La première, moins résistante, convient très bien pour les tirages restreints; la seconde est utilisée pour les grandes productions. A des détails près, les opérations d'impression sont les mêmes que celles qui sont appliquées pour le papier et le carton.

Chaque feuille de métal imprimée est mécaniquement transportée en étuve pour être séchée pendant 12 à 30 mn à la température de 100° à 160°. Pour les tirages en plusieurs couleurs, le séchage en étuve est bien entendu assuré après impression de chacune des couleurs, sauf dans le cas des travaux sur machines deux couleurs.

En fin d'impression et séchage, les feuilles de métal sont vernies entre les deux cylindres d'une machine vernisseuse munie d'un encrier contenant le produit. Elles sont alors prêtes pour les opérations mécaniques de découpage et de façonnage qui vont donner aux objets imprimés leur forme définitive.

Les tubes d'aluminium servant à contenir des produits pharmaceutiques ou autres peuvent être, avec une machine spéciale (machine Dubuit, en France), imprimés dans leur forme cylindrique définitive. Ils sont montés sur un mandrin, puis laqués, séchés et montés sur un autre mandrin pour être imprimés par report offset. Le blanchet de la machine spéciale imprimant en offset tourne tangentiellement avec le tube et reporte sur lui le motif à imprimer.

Encres pour impressions sur métal. — L'impression sur métal ne permet pas à l'encre de sécher par pénétration même partielle, comme c'est le cas pour les impressions sur papier et carton. L'encre est donc séchée à l'étuve, ce qui exige pour elle une qualité de fabrication lui permettant de résister à une température de 150° et plus.

D'autre part, les opérations de transformation des feuilles de métal en boîtes, tubes, panneaux, etc., par des manipulations mécaniques telles que l'emboutissage et les découpages exigent des encres particulièrement adhérentes et non sujettes aux craquelages. Pour l'impression des panneaux métalliques de plein air, les encres doivent en outre présenter une grande résistance à la lumière solaire et aux intempéries.



Fig. 1. — *Une rotative offset Marinoni pour impression sur métal.*
Au premier plan, les feuilles de métal à imprimer sont prélevées et introduites dans la machine par un dispositif automatique. En haut, un conducteur règle l'encrier.
(*Établissements J. J. Carnaud et Forges de Basse-Indre*).

1. La sérigraphie ; L'impression sur étoffes. *La Nature*, n° 3229, mai 1954, p. 195



Fig. 2. — *Sortie des feuilles de métal imprimées d'une rotative Offset Marinoni.*
(Établissements J. J. Carnaud et Forges de Basse-Indre).

Les encres pour impressions sur fer blanc sont généralement fabriquées avec des résines formophénoliques qui réalisent par chauffage un durcissement de la pellicule d'encre lui permettant d'offrir une forte résistance aux frottements, dans le cas, par exemple, de l'opération d'autoclavage des boîtes de conserve.

Impressions diverses. — La sérigraphie est utilisée pour l'impression en petite série de panneaux métalliques en couleurs. Les couleurs employées présentent, grâce à l'épaisseur de la couche appliquée, une grande solidité rendant très résistants les sujets imprimés. On emploie également la sérigraphie sur machine spéciale (machine Dubuit en France) pour l'impression des capsules de bouteille, dites de « surbouchage » quand elles sont en alliage plomb-étain. Les capsules en aluminium sont imprimées par la méthode typographique.

A la différence des cadrans de grand format dont nous avons parlé, les cadrans des montres et des pendulettes, le plus souvent en laiton, sont imprimés de façon particulière par un procédé du genre timbrage-relief sur métal. Un support imprimant en acier porte, gravé en creux et à l'endroit, l'ensemble des caractères représentant les heures et les divisions. L'empreinte de la gravure, recouverte d'encre, est reportée sur un tampon de gélatine qui la décalque sur le cadran. Support imprimant et cadran sont fixés sur le chariot d'une machine spéciale, ce chariot permettant les mouvements de l'un et de l'autre pour réaliser l'impression automatique. On utilise les encres grasses à l'huile de lin. Les cadrans sont ensuite vernis pour augmenter la résistance des parties imprimées.

Enfin le papier métallisé, formé d'une feuille d'aluminium de 0,01 mm environ collée sur du papier ou parois du carton, fréquemment utilisé comme emballage des produits de confiserie, de biscuiterie, des corps gras alimentaires, du savon à barbe, etc., porte souvent la marque du produit qu'il contient. L'impression est réalisée, soit en typographie, avec des encres à l'aniline, soit en héliogravure. Il semble que ce dernier procédé prévaudra dans l'avenir; il est déjà très utilisé aux États-Unis.

Impression sur matières plastiques

Nous indiquerons les procédés qui peuvent être appliqués pour l'impression sur rhodoïd et rhodialine, produits de marque déposée à base d'acétate de cellulose, et sur la cellophane, nom déposé pour une marque de cellulose régénérée de la viscose, présentée sous forme de pellicule transparente ou colorée artificiellement. On réalise avec ces matières plastiques toutes formes d'emballages et conditionnements pour produits pharmaceutiques, d'alimentation, de confiserie et sachets pour lingerie. Ces emballages peuvent être imprimés, en noir ou en couleurs, avec textes et illustrations. Les principaux procédés d'impression sont la typographie et l'héliogravure.

L'impression typographique diffère selon que la matière plastique est opaque ou transparente. Si elle est opaque, l'impression se fait comme sur le papier. Si elle est transparente, il y a intérêt à inverser la forme imprimante. Le cliché se présente alors dans le sens de la lecture normale et il imprime le verso de la feuille plastique. L'impression est ainsi protégée par son support qui, en outre, conserve son brillant.

L'impression typographique sur cellophane reste toujours délicate; elle exige certaines précautions : emploi d'encres très siccatives et adhésives, riches en pigments, long délai de séchage, etc.

L'héliogravure est très employée aux États-Unis, mais les premiers tirages sur cellophane par ce procédé ne font que débuter en France. On imprime, en effet, la cellophane en bobines étroites sur petites rotatives transformatrices équipées d'éléments d'héliogravure. La gravure du cylindre ne diffère pas des méthodes couramment employées mais les encres sont spéciales. Les difficultés provenant de l'aimantation de la bande de cellophane au contact des pièces métalliques en rotation ralentissent notablement la production. On imprime ainsi des planches superposables en repérage représentant par exemple différentes coupes successives en couleurs d'une machine, d'un moteur, d'une figure d'anatomie, etc., qui sont ensuite pliées à la main et superposées lors du brochage.

L'offset peut aussi être utilisé, avec presse à contre-épreuve, pour l'impression du rhodoïd. L'impression au cadre de soie (sérigraphie) convient pour les tirages peu importants, avec emploi d'encres dont le véhicule est constitué par le solvant de la matière plastique que l'on imprime.

L'impression à l'aniline, dont le séchage est, comme en héliogravure, à peu près instantané, peut être appliqué à la cellophane.

Impression sur céramique

La décoration au pinceau des multiples objets de porcelaine (services de table, vases, cendriers, etc.), ne peut être classée comme une méthode d'impression et nous n'en parlerons pas ici. Utilisée pour les productions de choix, elle est trop onéreuse pour la décoration des objets courants de céramique. Ceux-ci sont décorés, soit par impression au tampon de caoutchouc, soit par application de décalcomanies industrielles, soit par sérigraphie.

Le premier de ces procédés combine une empreinte grasse et un poudrage. On enduit d'un vernis gras la surface d'un tampon de caoutchouc portant en gravure le motif à décorer; on applique ce tampon sur l'objet à décorer, de façon qu'il y laisse l'empreinte grasse du motif; enfin, on fait adhérer sur cette empreinte grasse, à l'aide d'une application au coton, la couleur en poudre correspondant au ton de décoration choisi. Ce procédé est principalement employé pour les contours de la décoration qui restent ensuite à « remplir » à la main.

Dans le deuxième procédé, on utilise des feuilles de papier spécial portant des décalcomanies dont le report sur porcelaine ou faïence est effectuée à la main par des spécialistes. Voici comment se succèdent les opérations. La feuille de papier portant les motifs à décalquer est enduite sur le côté des décors d'une mixture appliquée avec un pinceau dit « queue de morue », dans le but de permettre le collage du décor sur l'objet à décorer; chaque motif est découpé en laissant du blanc autour de lui puis mouillé et appliqué sur la porcelaine ou la faïence avec une roulette pour les objets plats, avec une éponge pour les objets creux; le papier est décollé à l'aide d'une pince, le motif adhérant sur l'objet à décorer; le décor est ensuite « dévoilé » (terme de la profession) avec une éponge trempée dans un bain d'eau à 10 pour 100 d'ammoniaque, puis lavé dans un bain d'eau claire; on procède à un séchage d'environ 24 heures; on passe au four électrique, à 800° environ, dans le but de vitrifier les décors et leur permettre d'adhérer très fortement à l'émail.

La sérigraphie est également employée pour la décoration directe des céramiques. A cet effet, les établissements Dubuit ont réalisé une machine qui permet de décorer en série les assiettes (fig. 3). La machine comporte sur un support deux mécanismes, l'un imprimant le fond de l'assiette à l'aide de l'écran de soie porté par un cadre spécial dont la raclette balaye

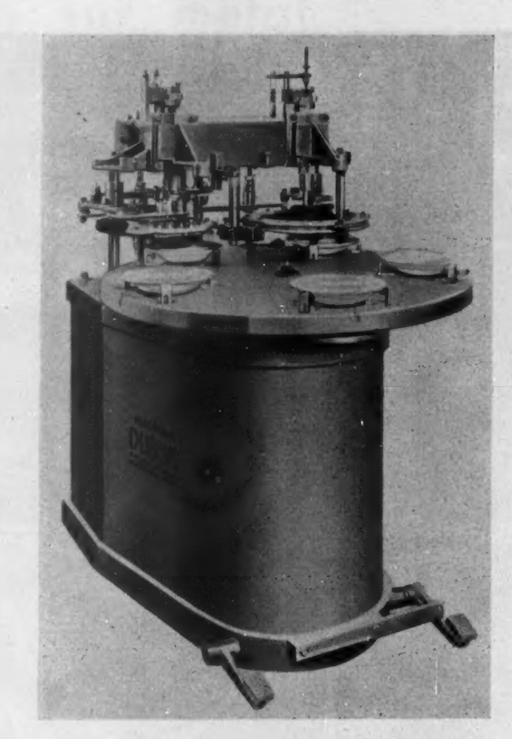


Fig. 3. — *Machine Dubuit pour l'impression des assiettes par sérigraphie.*

Pour l'impression du centre de l'assiette, l'écran de soie porté sur un cadre spécial s'applique au fond de l'assiette ; une raclette spéciale, brevetée, constituée par les éléments d'un polygone, balaie la surface de l'assiette et réalise l'impression ; pour l'impression du marli, une autre raclette effectue un tour complet autour de l'assiette.

toute la surface, et l'autre imprimant le marli de l'assiette avec une raclette effectuant une rotation complète contre un écran. Une ouvrière se contente de placer et d'enlever les assiettes qui sont automatiquement centrées par des guides.

L'impression sur tôle émaillée peut se faire, soit par décalcomanies imprimées avec couleurs vitrifiables, la tôle émaillée passant ensuite au four pour vitrification, ou décalcomanies « à froid », sans vitrification subséquente; soit par la sérigraphie.

Impression sur verre

L'impression sur verre intéresse les décors pour cadres photographiques, les inscriptions de cadrans de T. S. F. et télévision, les marques de fabrique sur bouteilles, récipients ou ampoules pharmaceutiques, les objets-souvenirs, presse-papiers ou cendriers, les tableaux publicitaires, lumineux ou non, sur verre blanc ou argenté, etc.

En raison de sa fragilité et de son manque d'adhérence, le verre est une matière particulièrement difficile à imprimer sur machine, exigeant une expérience particulière et des tours de mains spéciaux.

Les feuilles de verre, soigneusement calibrées à l'épaisseur nécessaire, peuvent être imprimées par lithographie ou offset. Le tirage s'effectue sur une presse à contre-épreuve dont l'un des deux marbres porte la pierre ou le zinc imprimant et l'autre la plaque de verre à imprimer. Le report de l'image du zinc (ou de la pierre) sur le verre s'effectue par l'intermédiaire d'un cylindre « blanchet » qui, dans le cas d'impression sur verre, se déplace sur toute la longueur de la presse.

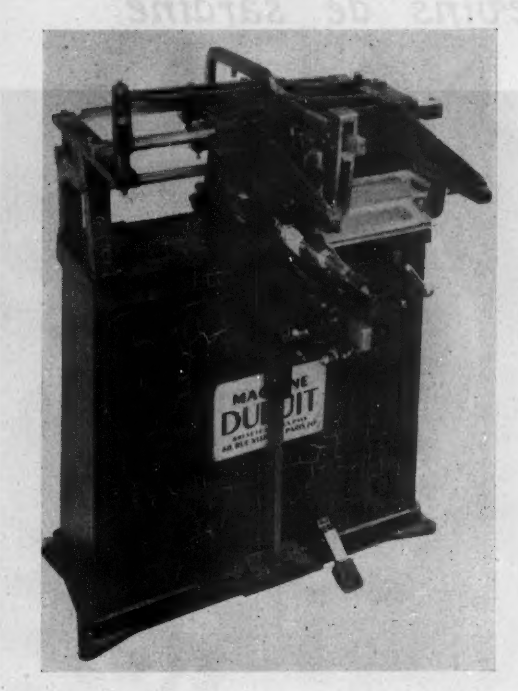


Fig. 4. — Machine Dubuit pour l'impression des bouteilles par sérigraphie.

La bouteille (ou tout autre objet cylindrique) est placée entre un culot et une contrepointe ; le culot est solidaire d'un pignon commandé par une crémaillère fixée sur l'écran. La machine est conçue pour imprimer à la fois sur le corps de la bouteille et sur l'épaulement.

Comme les céramiques, le verre peut aussi s'imprimer par décalcomanies industrielles ou par sérigraphie. Pour la décalcomanie, les motifs ont été imprimés en lithographie sur papier spécial dit « flexglass » au collodion avec des couleurs vitrifiables. Rappelons que le collodion est un produit liquide à peu près incolore obtenu par dissolution de nitrocellulose dans un mélange d'éthanol et d'éther pouvant être additionné d'huile de ricin, de bromures, d'iodures ou d'acétone. Ce liquide laisse, après évaporation du solvant, une pellicule adhérante, incolore. Le motif sur papier « flex-glass » est décalqué à l'eau sur le verre, puis celui-ci est passé au four électrique, dans lequel le collodion brûle et disparaît, laissant le motif fortement imprimé.

Il existe également, bien qu'ils soient relativement peu employés pour le verre, des motifs de décalcomanie dits « à froid », tirés en lithographie sur papier « duplex » avec des couleurs non vitrifiables. Le décalque du motif sur le verre n'est donc pas suivi d'une cuisson au four pour vitrification. Mais, comme ce procédé ne résisterait pas à un grattage accidentel, on vernit le décor avec un produit incolore pour le rendre plus résistant.

L'impression au cadre de soie (sérigraphie) est applicable au verre, qu'il soit sous forme de feuilles ou d'objets arrondis comme les ampoules et les bouteilles (fig. 4).

Les ampoules pharmaceutiques peuvent être automatiquement imprimées en sérigraphie sur une machine Dubuit; elles sont déplacées sur une chaîne transporteuse et soulevées une à une par quatre galets pour être appliquées contre l'écran de soie qui fait tourner chacune d'elle et l'imprime, une raclette faisant passer naturellement la couleur à travers l'écran. Chaque ampoule imprimée revient sur la chaîne transporteuse qui la laisse tomber un peu plus loin sur un tapis à alvéoles, pour éviter tout contact entre les ampoules. Celles-ci sont ensuite vitrifiées par passage du tapis mobile dans un four-tunnel électrique.

Les bouteilles constituent des objets trop lourds pour être entraînés sans glissement par le simple contact de l'écran de soie. La machine d'impression Dubuit comporte donc des galets qui entraînent la bouteille en un déplacement circonférentiel adapté au déplacement longitudinal de l'écran. Un système actionné par une pédale permet, par abaissement du support de chaque bouteille, de dégager celle-ci quand elle est imprimée et d'installer la bouteille suivante.

On réalise avec la même machine l'impression des récipients cylindriques en aluminium et des pots de crème pour la parfumerie. Cinq à six cents objets cylindriques peuvent ainsi être imprimés par heure.

Fernand de Laborderie.

La fabrication française des circuits électriques imprimés

La Nature (n° 3114, 15 juin 1946, p. 181 ; n° 3159, juillet 1948, p. 222) a exposé la technique et les emplois des circuits électriques imprimés, qui permet de réaliser des montages minuscules, un poste émetteur-récepteur occupant le volume d'une lampe de T.S.F. ordinaire. Dans ce nouveau procédé de « câblage sans câbles », le câblage classique avec ses connexions est remplacé par l'impression d'un circuit ou d'un schéma sur une plaque isolante : un conducteur par exemple est une bande de peinture à l'argent métallique, une résistance est de même constituée par une peinture au graphite, un condensateur est une simple coupure dans le circuit, une bobine est une spirale, etc. Pour l'impression du circuit, on a employé un procédé analogue à la sérigraphie (voir : *La Nature*, n° 3229, mai 1954, p. 195), en faisant filtrer la peinture à travers un tissu de soie partiellement obturé. On peut aussi procéder par impression directe, comme dans l'impression typographique, ou encore par pulvérisation, par estampage, par distillation dans le vide et condensation, etc.

Les avantages des circuits imprimés sont multiples : volume restreint, légèreté, solidité du montage, constance des caractéristiques et surtout fabrication en série très rapide à prix de revient très abaissé. C'est, rappelons-le, la nécessité d'inclure un poste émetteur-récepteur dans une fusée-radar qui a conduit à imaginer ce procédé, et sa robustesse a été d'emblée mise à l'épreuve puisqu'il avait à supporter l'accélération au départ de l'obus.

Créés pour les besoins militaires, les circuits imprimés sont en voie de conquérir toutes les industries électriques, radioélectriques et électroniques. Ils trouvent dès maintenant leurs applications principales dans les postes de radio, de télévision, dans le cinéma, les appareils de mesure et de contrôle industriels, les appareils électriques à usages médicaux, etc. Tout schéma peut être imprimé, quelle qu'en soit la complexité, celle-ci n'intervenant pratiquement pas dans le prix de revient.

Commencée en Angleterre puis aussitôt en Amérique, la fabrication des circuits électriques imprimés est en cours de réalisation dans notre pays. Les caractéristiques des circuits qui seront vendus en France sont les suivantes : résistance électrique très faible, d'où capacité de transport de courant supérieure à celle d'un conducteur de section ronde ; adhésion considérable obtenue par un procédé d'incrustation évitant toute détérioration en cas de secousses ou vibrations; épaisseur d'impression : 0,05 mm en moyenne ; largeur d'impression : à partir d'un dixième de mm ; écartement normal : 2 mm. Les croisements des connexions sont aisément obtenus par l'impression sur les deux faces du support isolant. Pour le support, on utilise la bakélite, le polythène, le polystyrène, le plexiglass, les acétates de cellulose, etc., avec une face lisse ; l'épaisseur minimum du support est de 0,5 mm, l'épaisseur normale étant de 2 à 4 mm. Les soudures sont très aisées, avec soudure à l'étain 60/40.

On s'oriente petit à petit, par l'adoption de nouvelles techniques comme les transistors et les circuits imprimés, vers une radioélectricité et une électronique liliputiennes, dont la simplicité ne nuira pas à l'élégance.

M. G.

Un parasite des alevins de sardine

Les pêcheurs voudraient bien savoir à l'avance où se trouveront les poissons... Biologistes et océanographes s'efforcent de les y aider, tout en recommandant éventuellement des mesures de protection. Ils ont déjà réussi à mettre en relation les déplacements de certaines espèces avec les conditions physiques : température, éclairement, oxygénation, salinité, dont l'influence peut d'ailleurs changer selon l'état physiologique. Ces influences sont à la fois directes et indirectes, agissant sur les organismes dont les poissons se nourrissent et qu'ils recherchent ou poursuivent. Mais il s'en faut de beaucoup que le déterminisme de toutes les migrations soit entièrement éclairci. Ainsi, on ne sait trop pourquoi les sardines, tantôt abondent en un lieu de pêche, tantôt disparaissent au même point. Jadis, Louis Fage et René Legendre montrèrent que quand les sardines arrivent à la surface, elles sont particulièrement grosses, tandis qu'elles se tiennent en eau profonde quand elles ont maigri. La graisse, en effet, diminue leur densité, et cette considération purement physique expliquerait, du moins pour une part, leurs déplacements verticaux.

Dans le Pacifique, on a constaté depuis quelque temps que les sardines s'éloignent des côtes du Japon et de la Californie. Au lieu des 800 000 t qu'on retirait, bon an mal an, des eaux californiennes, on n'en pêcha que 150 000 t en 1950. Afin de porter remède à une telle situation, l'Institut Scripps, de l'Université de Californie, avec l'aide des Services de la pêche et de la marine de guerre des États-Unis, vient d'armer six bateaux ayant à bord 110 chimistes, physiciens, météorologistes et autres techniciens dont la mission est d'observer le comportement des sardines. Sur ces navires pourvus d'instruments perfectionnés, un appareil nouveau, le « Sofar », permet de repérer les déplacements des bancs de sardines.



Fig. 1. — *Les sardines arrivent au port.*

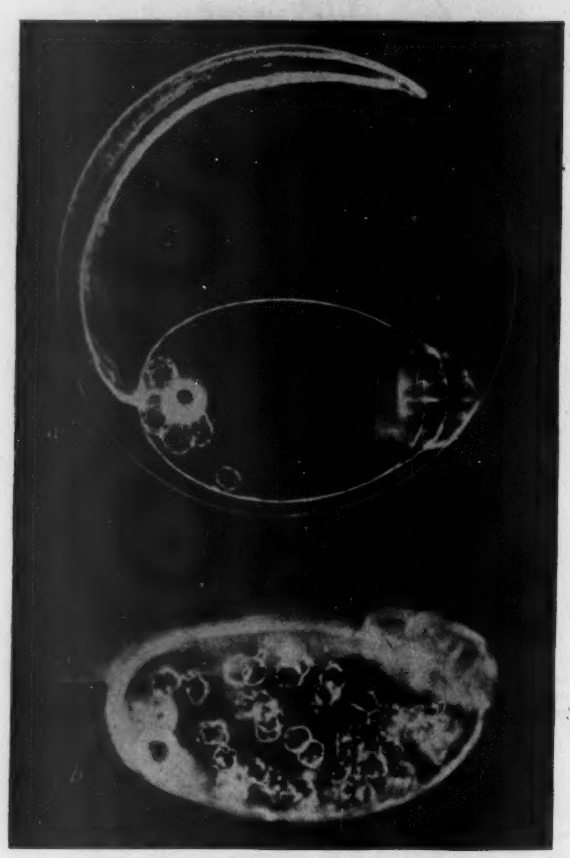


Fig. 2. — *Embryon et alevin de sardine parasités par* l'Ichtyodinium Chabelardi.

a, embryon à l'intérieur de sa coque ovulaire, contenant cinq schizontes primordiaux dans sa vésicule vitelline ; *b*, vésicule vitelline d'un jeune alevin peu après l'éclosion, envahie par un grand nombre de schizontes primordiaux (D'après Hollande et Cachon).

Tandis que les pêcheurs californiens commençaient à se désoler, on fit, au contraire, d'excellentes pêches au Maroc. En 1950, les sardines stationnèrent, en bancs nombreux, pendant plusieurs mois, devant Mogador. On en sortit 169 t en juillet, 323 t en août, 6 178 t en septembre, 8 632 t rien que dans la première quinzaine d'octobre ! Par contre, sur la côte basque, environ 150 équipages ne purent pêcher que 35 t de sardines pendant l'hiver 1951. Puis, après de longues semaines d'inactivité, une petite flottille de Saint-Jean-de-Luz rapporta 75 t dans la seule journée du 1er décembre 1951.

La recherche de la nourriture conditionne certainement en grande partie les déplacements des sardines. Elles mangent surtout des *Cyclops*, minuscules Crustacés vivant en troupes innombrables dans le plancton et se nourrissant eux-mêmes d'Algues microscopiques et de Protozoaires. Les Algues et les autres Protophytes trouvent eux-mêmes leur subsistance dans les sels dissous, en particulier les nitrates; ils édifient leurs glucides à partir du gaz carbonique et de l'eau par photosynthèse, et pour cela la lumière leur est indispensable. Quand l'air est pur, l'eau calme et transparente, les rayons solaires y pénètrent profondément, les Protophytes du plancton (Diato-

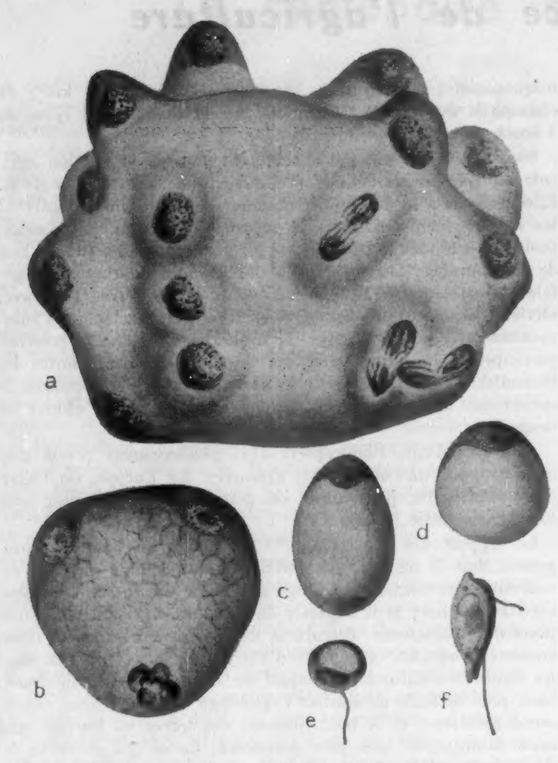


Fig. 3. — *Quelques stades de l'Ichtyodinium.*
a, schizonte primordial prêt à se résoudre en schizontes secondaires (on voit trois noyaux en cours de division) ; *b*, schizonte secondaire en voie de division ; *c*, *d*, schizontes de dernière génération ; *e*, schizonte flagellé ; *f*, spore. Grossissement : × 1 000 (d'après Hollande et Cachon).

mées, Péridiniens, etc.) s'y multiplient très abondamment, ouvrant, pour toute la chaîne alimentaire qui aboutit aux sardines et autres poissons, une ère de prospérité.

Malheureusement, à cette alimentation planctonique se mêle un Péridinien parasite qui infeste les œufs de sardine; il a été découvert en 1951 par M. André Hollande, professeur de biologie générale à la Faculté des Sciences d'Alger, et par son assistant, M. Jean Cachon, qui l'ont dénommé *Ichthyodinium Chabelardi*, en hommage au docteur Chabelard. Ils l'ont signalé en 1952 dans une note à l'Académie des Sciences (*C. R.*, **235**, p. 976) et l'ont décrit récemment avec plus de détail dans un mémoire de la Station d'aquiculture et de pêche de Castiglione (nouvelle série, nº **4**, Alger, 1953).

Les Péridiniens (ou Dinoflagellés) comprennent des espèces sans chlorophylle, donc tributaires des molécules organiques, et des espèces à chlorophylle; mais beaucoup de ces dernières se nourrissent également de substances organiques et Chatton considérait tout le groupe comme éminemment prédisposé aux adaptations parasitaires. Pourtant, on ne connaît les Péridiniens parasites que depuis à peine cinquante ans. On en a surtout trouvé vivant aux dépens d'autres Protozoaires, voire d'autres Péridiniens, et d'Invertébrés marins. On n'en a trouvé qu'un petit nombre sur les poissons, presque tous sur la peau. L'*Ichtyodinium* est donc intéressant comme étant le premier Dinoflagellé que l'on ait trouvé dans des œufs de poisson et même comme le premier parasite interne connu chez les Vertébrés.

Les jeunes individus d'*Ichtyodinium*, qui se logent dans l'endoplasme de l'œuf (fig. 2 et 3), sont des sphères de 20 μ de diamètre, limitées par une mince membrane; ils renferment un noyau unique qu'une grosse vacuole refoule avec le cytoplasme à la périphérie. Ces cellules se divisent un certain nombre de fois mais sans se séparer, de façon à former des « schizontes primordiaux » dont le diamètre peut atteindre 100 μ et où les diverses cellules n'ont plus en commun que la vacuole centrale hypertrophiée. Puis cette vacuole se résorbe tandis que les cellules qui ont bourgeonné à son pourtour se séparent : ce sont les « schizontes secondaires » qui se divisent à leur tour, donnant des cellules qui restent un moment groupées en forme de rosaces, puis de cordons, et se divisent de nouveau pour donner des individus libres, de plus en plus petits. Dans l'eau, après une ou deux scissions, les *Ichtyodinium* deviennent des zoospores flagellées.

Lorsque la vésicule ombilicale des jeunes alevins, bourrée de parasites, éclate, les éléments libérés sont, pour la plupart, des schizontes des dernières générations. Après les dernières divisions, qui les ramènent à une taille de 9 à 15 μ, on a de petites sphères qui, au bout de quelques heures, se déplacent lentement en roulant, et que la moindre secousse immobilise aussitôt. Ces zoospores n'ont pu jusqu'ici être gardées vivantes. On ne sait donc pas encore comment le cycle s'achève pour conduire à la contamination des œufs de sardine.

MM. Hollande et Cachon ont constaté que le taux d'infestation varie beaucoup d'une récolte à l'autre : il dépasse souvent 30 pour 100 et peut atteindre 80 pour 100 des œufs examinés au début de l'hiver, lors du maximum de la ponte. La présence de l'*Ichtyodinium Chabelardi*, toujours mortelle pour les alevins, doit limiter considérablement la reproduction de la sardine. Mais pour apprécier exactement cette incidence, des

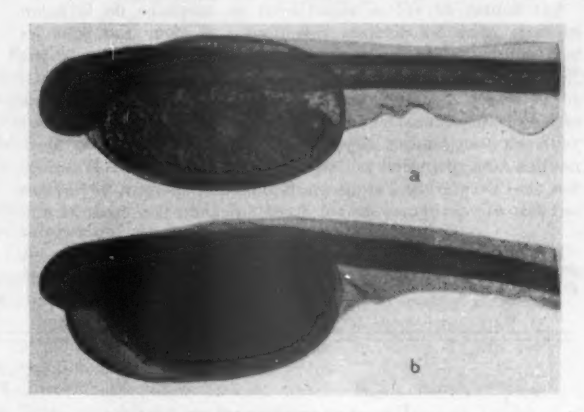


Fig. 4. — *Alevins de sardine parasités.*
a, la vésicule vitelline est remplie de schizontes secondaires, mais la gouttelette huileuse est encore intacte ; *b*, aspect de l'alevin peu avant l'éclatement de sa vésicule vitelline, les parasites en masse compacte ont pris la place de toutes les matières de réserve.

recherches méthodiques seront encore nécessaires. Les Clupéidés ne sont, d'après le docteur R. Dieuzéide et d'autres récents auteurs, que des poissons « pseudomigrateurs ». Leurs voyages se bornent, d'ordinaire, à des oscillations entre la haute mer et les eaux peu profondes et tièdes du plateau continental. Le comportement de la sardine algérienne semble bien conforme à cette façon de voir. Bien que ses variétés ne se distinguent pas extérieurement, leur individualité s'accuse par la taille maximum, la rapidité de croissance, la précocité génitale, l'époque et la durée de la reproduction, les déplacements. L'infestation dont leurs alevins sont victimes ne vient que s'ajouter aux problèmes que pose la biologie de ces précieux poissons.

Jacques Boyer.

L'aviation au service de l'agriculture

Sur la recommandation de son Comité de l'Alimentation et de l'Agriculture, l'Organisation européenne de Coopération économique (O. E. C. E.) a envoyé une mission d'experts aux États-Unis, au printemps de 1952, pour y étudier les modalités d'emploi de l'aviation au service de l'agriculture et pour en envisager le développement en Europe. Cette mission a donné lieu à un rapport (1) dont nous allons résumer les principales données.

C'est en 1917 que s'effectua le premier poudrage aérien d'une plantation de coton, en Louisiane. L'extension de cette pratique fut d'abord lente. En 1930, on comptait aux États-Unis 20 à 30 compagnies d'aviation consacrant aux opérations agricoles une centaine d'appareils au total. Depuis la fin de la deuxième guerre mondiale, les progrès furent beaucoup plus rapides. Deux éléments les ont favorisés : la mise au point de nouveaux insecticides et celle de désherbants synthétiques très actifs; l'existence de nombreux avions provenant des surplus de l'armée, que l'on pouvait acquérir à des prix relativement bas.

Actuellement, aux États-Unis, 7 000 avions environ sont affectés aux opérations agricoles; ils appartiennent à 2 000 compagnies, les petites possédant trois ou quatre appareils, les plus grandes jusqu'à une vingtaine. Dans la plupart des petites compagnies, le directeur commercial est en même temps pilote et possède un minimum de connaissances agricoles. Les agriculteurs se groupent à l'occasion en coopératives pour faire effectuer ces opérations.

Les heures de vol se répartissent en moyenne de la façon suivante entre les diverses opérations : 55 pour 100 pour les traitements contre les parasites et les maladies des plantes, 35 pour 100 pour l'ensemencement et l'épandage des engrais, 10 pour 100 pour les autres activités, savoir : photographie aérienne, inspection des forêts, opérations météorologiques, surveillance des grands pacages, etc. Un rapport de la Civil Aeronautics Administration indique que dans les États de Washington, de l'Oregon, de l'Idaho et du Montana, en 1951, 547 avions ont fait 51 202 heures de vol et ont répandu des produits chimiques sur 4 466 429 acres (un peu plus de 18 000 km²) de champs et de vergers, et sur 895 550 acres de forêts (plus de 3 600 km²).

Bien qu'elle ne soit pas absolument nouvelle, l'aviation agricole en Europe occidentale n'emploie que 65 avions environ. Elle ne saurait se développer comme aux États-Unis ni suivant les mêmes formules, mais le rapport estime qu'elle a néanmoins de grandes possibilités, si les gouvernements jugent bon de l'encourager. Les principales des grandes productions végétales pourraient en bénéficier : pommes de terre, betterave, oliviers, arboriculture fruitière et forestière, riz (pour l'ensemencement), céréales (pour le désherbage). L'avion pourrait participer à la lutte contre les insectes parasites, contre les incendies de forêt, et servir à divers autres usages, comme le survol des câbles après les tempêtes ou les fortes chutes de neige, etc.

Aux États-Unis, l'hélicoptère s'est généralement révélé trop onéreux pour une agriculture extensive. En Europe, où l'agriculture intensive prédomine, on peut songer à l'utiliser avec une charge utile de 250 kg.

Le rapport des experts de l'O. E. C. E. est donc encourageant. Mais il ne faut pas oublier les objections qui ont été souvent faites contre l'épandage généralisé des insecticides dont l'œuvre de mort peut dépasser de façon imprévisible les intentions des utilisateurs, détruisant des espèces directement utiles comme les abeilles et nombre d'autres qui jouent un rôle dans les équilibres naturels. L'emploi de l'avion rend évidemment bien plus difficile de limiter l'épandage à des surfaces exactement précisées; et le morcellement des terres en Europe rend cette délimitation bien plus nécessaire. En ce qui concerne les désherbants, MM. Gautheret et Longchamp ont dit ici même (*La Nature*, n° 3 220, août 1953, p. 237) de quelles études préalables et de quelles précautions leur emploi doit s'accompagner dans chaque cas particulier. Si donc l'avion ou l'hélicoptère n'offre que des avantages dans des tâches telles que l'ensemencement, l'épandage des engrais et toutes les missions d'observation et de surveillance, il semble que son emploi pour la destruction des parasites et adventices ne doive être autorisé sans une étude minutieuse et de rigoureuses précautions.

L. P.

1. *Utilisation de l'aviation dans l'agriculture aux États-Unis.* 1 vol. illustré, 16 × 24, 112 p. Publications de l'O. E. C. E., Paris, 1953. Prix : 300 F.

La reconstruction des chemins de fer italiens

Quelques réalisations récentes, telle la nouvelle gare de Rome-Termini, ont attiré l'attention sur l'effort de reconstruction poursuivi par les chemins de fer de l'État italien.

Vingt-cinq pour 100 des rails avaient été détruits, 35 pour 100 des ponts, près de 50 pour 100 des appareils de signalisation et des bâtiments d'exploitation, 90 pour 100 des lignes électrifiées (1 200 km seulement, sur 12 000, restaient en service en 1945). La situation actuelle est à peu près celle de 1940, pour la longueur du réseau (28 000 km), les lignes électrifiées (11 966 km), les ponts et viaducs, les appareils divers, les télécommunications. La plupart des gares sont reconstruites, souvent dans un style approprié à la province (gares de Palerme, Turin, Venise-Santa Lucia).

En ce qui concerne le matériel roulant, rendu inutilisable dans des proportions allant de 56 pour 100 (locomotives à vapeur) à 80 pour 100 (voitures à voyageurs) et 86 pour 100 (automotrices), il est entièrement reconstitué, selon les exigences de la technique la plus moderne. En 1952-1953, le trafic voyageur a été deux fois supérieur à celui de 1939-1940. Le rapide électrique Milan-Naples, inauguré en 1953, passe pour le plus luxueux et le plus moderne des trains européens.

Inspection des fils métalliques par les ultrasons

Un appareil acoustique, le « Sonomètre », a été mis au point pour la détection des défauts internes dans les fils, feuilles minces, ressorts d'horlogerie, etc. Cet appareil utilise les ondes ultrasonores, d'une fréquence de 0,1 à 10 MHz suivant les dimensions et les propriétés absorbantes des objets à contrôler. Les vibrations ultrasonores se manifestent à l'intérieur de l'objet par une succession de compressions et de tensions alternées dont la propagation est gênée par les défauts internes (criques, soufflures, cavités, etc.) de l'objet. Ce procédé de détection des défauts est particulièrement sensible et est même supérieur à la méthode d'inspection par les rayons X, ces derniers ne pouvant déceler des défauts de dimensions inférieures à 15 pour 1 000 de l'épaisseur de l'objet examiné.

La méthode adoptée est dite de l' « impulsion transmise » : l'émetteur et le récepteur d'ondes ultrasonores étant disposés de part et d'autre de l'objet à examiner, tout défaut traversant le champ ultrasonique se traduit par une chute d'énergie dans le récepteur, immédiatement enregistrée par l'appareillage de mesure. Le Sonomètre peut détecter des défauts de l'ordre de 10^{-2} μ, limite qui dépend de l'état de surface de la pièce.

Le centenaire d'Henri Poincaré

Le centenaire de la naissance du grand mathématicien et philosophe Henri Poincaré vient d'être célébré par diverses manifestations, dont une cérémonie officielle organisée dans le grand amphithéâtre de la Sorbonne sous la présidence du président de la République, et une exposition des œuvres et souvenirs au Musée pédagogique. Hommage justifié : considéré comme le plus grand mathématicien de son temps, Poincaré fut aussi un théoricien génial de la mécanique céleste, un physicien de talent, attiré aussi bien par les questions théoriques que par les applications, et un philosophe des sciences très pénétrant. A plus de quarante ans de sa mort, son influence demeure très vivante et ses ouvrages de philosophie scientifique continuent à connaître le succès.

Henri Poincaré naquit à Nancy le 29 avril 1854 dans une famille cultivée « où l'exemple du travail sollicitait l'activité personnelle ». Il était le cousin germain du président Raymond Poincaré et du physicien Lucien Poincaré qui fut recteur de l'Académie de Paris. Il devint le beau-frère du philosophe Émile Boutroux dont le fils, le mathématicien et philosophe Pierre Boutroux (1880-1922) nous a laissé de précieux souvenirs sur les méthodes de travail de son oncle.

Élève au lycée de Nancy, H. Poincaré obtint en 1871 le premier prix de mathématiques élémentaires au Concours général et deux ans plus tard il renouvela cet exploit pour les mathématiques spéciales, tout en se classant cinquième au concours d'entrée à l'École normale supérieure et premier à celui de l'École polytechnique. Ayant opté pour cette dernière école, il en suivit les cours sans aucun effort, tout en manifestant une faiblesse insigne en dessin et dans les exercices physiques. Sorti deuxième en 1875, il entra à l'École des Mines où il se prépara au métier d'ingénieur, tout en abordant des recherches mathématiques très élevées. Ingénieur à Vesoul, il ne conserva ce poste que quelques mois. Une thèse brillante lui valut en effet dès la fin de 1879 d'être chargé de cours à la Faculté des Sciences de Caen. Ce fut dès lors, jusqu'à sa mort en 1912, une succession ininterrompue de notes, de mémoires, d'articles et d'ouvrages dont nous pouvons à peine rappeler les plus importants.

Dès 1881, H. Poincaré présenta sa première grande découverte, celle des fonctions fuchsiennes, résolvant ainsi le problème général de l'intégration de toutes les équations différentielles linéaires à coefficients algébriques et approfondissant simultanément la nature et la forme des intégrales réelles d'une équation différentielle à coefficients réels. Nommé la même année maître de conférences d'analyse à la Sorbonne, titularisé en 1886 dans la chaire de physique mathématique et de calcul des probabilités, il opta en 1896 pour celle d'astronomie mathématique et de mécanique céleste qu'il conserva jusqu'à sa mort. A l'École polytechnique, il professa successivement l'analyse et l'astronomie, donnant en outre, pendant plusieurs années, des cours d'électricité théorique à l'École supérieure des P.T.T. Élu à l'Académie des Sciences de Paris en 1887 à l'âge de 33 ans et quelques années plus tard au Bureau des Longitudes, il fut appelé à siéger dans une vingtaine d'académies et reçut de son vivant les plus hautes récompenses scientifiques françaises et étrangères.

Henri Poincaré aborda presque tous les domaines des mathématiques. Il introduisit notamment l'étude qualitative des solutions des équations différentielles, précisa la notion de genre des fonctions analytiques entières, apporta une rigueur nouvelle dans l'étude des fonctions analytiques de plusieurs variables, perfectionna la théorie des groupes continus, et celle des formes quadratiques et cubiques. Il entrevit aussi le développement futur de l'algèbre moderne et celui de l'*analysis situs* qui, sous le nom de topologie, a pris une grande extension dans les mathématiques actuelles.



Fig. 1. — *Henri Poincaré.*
Plaque gravée par Prud'homme en 1913.

Enseignant la physique mathématique de 1885 à 1896, Poincaré prépara chaque année un cours nouveau. Il fut ainsi amené à explorer et à enrichir les secteurs les plus divers de cette science : rayonnement de la chaleur, problème de Dirichlet, théorie de l'élasticité, vibrations des membranes, théorie cinétique des gaz, électrodynamique, équations de Maxwell et oscillations hertziennes, etc. Il continua ensuite à s'intéresser à la physique, participant activement au renouvellement des théories qui marqua le début de notre siècle.

L'étude du problème des trois corps à laquelle il apporta des contributions très importantes l'avait attiré vers la mécanique céleste. En plus de nombreux mémoires, il publia dans ce domaine des ouvrages de premier plan : *Méthodes nouvelles de la mécanique céleste*, *Leçons de mécanique céleste*, *Leçons sur les hypothèses cosmogoniques*.

Un très large public connaît surtout Henri Poincaré pour ses livres de philosophie scientifique : *La science et l'hypothèse*, *La valeur de la science*, *Science et méthode*, *Dernières pensées*. Il y exposait, dans un style élégant, souple et clair, des idées très pénétrantes sur les méthodes et l'esprit de la science. Les multiples éditions et traductions de ces ouvrages valurent à leur auteur une large célébrité, mais l'entraînèrent aussi dans une série de discussions dont il avait coutume de se plaindre.

On peut s'étonner qu'un même homme ait pu accomplir, dans tant de domaines si divers, des travaux si nouveaux et si approfondis. Cependant Poincaré savait aussi goûter le plaisir des choses et s'intéresser aux siens, à ses collègues, à ses élèves. Mais dès qu'une idée nouvelle surgissait dans son esprit, il pouvait aussitôt s'abstraire du milieu ambiant pour concentrer toute son attention sur ce nouveau sujet de méditation. Pierre Boutroux nous a laissé une description très vivante de l'activité prodigieuse de cet esprit exceptionnel : « Il pensait dans la rue, lorsqu'il se rendait à la Sorbonne, lorsqu'il allait assister à quelque réunion scientifique, ou lorsqu'il faisait, après son déjeuner, une de ces grandes marches à pied dont il était coutumier. Il pensait dans son antichambre, ou dans

la salle des séances de l'Institut, lorsqu'il déambulait à petits pas, la physionomie tendue, en agitant son trousseau de clefs. Il pensait à table, dans les réunions de famille, dans les salons même, s'interrompant souvent brusquement au milieu d'une conversation et plantant là son interlocuteur pour suivre au passage une pensée qui lui traversait l'esprit. Tout le travail de découverte se faisait mentalement chez mon oncle sans qu'il eût besoin, le plus souvent, de contrôler ses calculs par écrit ou de fixer ses démonstrations sur le papier. Il attendait que la vérité fondît sur lui comme le tonnerre et il comptait sur son excellente mémoire pour la conserver...

« Son esprit rayonnait du centre de la question qu'il étudiait vers la périphérie. Habitué à négliger les détails et à ne regarder que vers les cimes, il passait de l'une à l'autre avec une promptitude surprenante, et les faits qu'il découvrait se groupant d'eux-mêmes autour de leur centre étaient instantanément et automatiquement classés dans sa mémoire. »

Comme l'écrivait Paul Painlevé le 17 juillet 1912, le jour même où Poincaré venait d'être foudroyé en pleine forces par une embolie : « Henri Poincaré était vraiment le cerveau vivant des sciences rationnelles... »

René Taton.

LE CIEL EN JUILLET 1954

SOLEIL : du 1er au 31 sa déclinaison décroît de + 23°8′ à + 18°20′ ; la durée du jour passe de 16^h3^m le 1er à 15^h7^m le 31 ; diamètre apparent le 1er = 31′30″,8, le 31 = 31′32″,9 ; *apogée* le 3 à 20^h (la Terre à l'*aphélie*). — **LUNE** : Phases : P. Q. le 8 à 1^h33^m, P. L. le 16 à 0^h29^m, D. Q. le 23 à 0^h14^m, N. L. le 29 à 22^h20^m ; *apogée* le 9 à 8^h, diamètre app. 29′34″, *périgée* le 23 à 19^h, diamètre app. 32′20″ ; *éclipse partielle* les 15-16, entièrement visible à Paris, de 21^h49^m,5 à 2^h51^h,1, grandeur de l'éclipse 0,405, le diamètre de la Lune étant *un*. Principales conjonctions : avec **Mercure** le 1er à 2^h, à 3°41′ S., et avec **Uranus** à 14^h, à 1°13′ N. ; avec **Vénus** le 3 à 15^h, à 5°6′ N. ; avec **Neptune** le 8 à 23^h, à 7°25′ N. ; avec **Saturne** le 9 à 18^h, à 7°34′ N. ; avec **Mars** le 14 à 0^h, à 3°20′ S. ; avec **Jupiter** le 28 à 8^h, à 0°0′, et avec **Mercure** à 9^h, à 1°48′ S. ; avec **Uranus** le 29 à 1^h, à 1°22′ N. Occultation de 18 *Verseau* (mag. 5,5) le 17, émersion à 22^h48^m. — **PLANÈTES** : **Mercure,** astre du matin vers la fin du mois, se lève 1^h23^m avant le Soleil le 24, plus grande élongation le 27 à 10^h, à 10°42′ Ouest du Soleil ; **Vénus,** éclatante Étoile du Berger, se couche 1^h53^m après le Soleil le 12 ; **Mars,** dans le *Sagittaire*, visible une grande partie de la nuit, se couche le 12 à 1^h55^m, diamètre app. 21″,6 ; **Jupiter** reparaît le matin à la fin du mois ; **Saturne,** dans la *Vierge*, visible le soir, se couche le 10 à 0^h3^m et 23^h59^m, diamètre polaire app. 15″,7, anneau : grand axe 39″,4, petit axe 11″,3 ; **Uranus,** inobservable, en conjonction avec le Soleil le 16 ; **Neptune,** dans la *Vierge*, observable le soir, se couche à 0^h2^m et 23^h59^m le 4, position 13^h29^m et — 7°29′, diamètre app. 2″,4. — **ÉTOILES FILANTES** : *Aquarides* le 25, radiant δ *Verseau*. — **ÉTOILES VARIABLES** : Minima observables d'*Algol* (2^m,3-3^m,5) le 17 à 3^h,7, le 20 à 0^h,5 ; minima de β *Lyre* (3^m,4-4^m,3) le 8 à 9^h,7, le 21 à 8^h,0. — **ÉTOILE POLAIRE** : Passage sup. au méridien de Paris : le 10 à $6^h31^m43^s$, le 20 à $5^h52^m38^s$, le 30 à $5^h13^m33^s$.

Phénomènes remarquables. — L'éclipse partielle de Lune les 15-16 :

Entrée de la Lune dans la pénombre......	21^h49^m,5
Entrée dans l'ombre	$23^h\ 9^m$,9
Milieu de l'éclipse	0^h20^m,3
Sortie de la Lune de l'ombre	1^h30^m,8
Sortie de la pénombre	2^h51^m,1

Les étoiles filantes Aquarides, à observer du 25 au 30 juillet.

(Heures données en **Temps universel** ; tenir compte des modifications introduites par l'heure en usage).

G. Fournier.

LES LIVRES NOUVEAUX

The Earth and its mysteries, par G. W. Tyrrell. 1 vol. in-8°, 278 p. G. Bell and sons, Londres, 1953. Prix, entoilé : 16 sh.

Après trois livres qui ont traité de l'*Air*, de la *Mer* et du *Ciel*, l'éditeur nous présente une introduction aux sciences de la *Terre*. Il était difficile d'aborder tant de questions aussi diverses en si peu de pages. L'auteur s'est aidé d'une illustration abondante (dessins au trait et photographies) qui rend ce livre accessible à de jeunes lecteurs. Il ne néglige aucune question, fût-elle très controversée, du moment qu'elle est classique. Ce livre est à signaler à l'attention des pédagogues, quel que soit le niveau de leur enseignement.

Guide to the moon, par Patrick Moore. 1 vol. in-8°, 224 p., 13 fig., 12 pl. Eyre and Spottiswoode, Londres, 1953. Prix : relié, 16 sh.

Ce volume réunit les éléments de notre connaissance actuelle du monde lunaire : sa place dans l'univers, la nature de son sol et de son atmosphère, une description de sa surface et de ses paysages, un historique curieux des observations lunaires et un chapitre consacré aux possibilités de l'astronautique. De bonnes photographies, une carte et une liste descriptive détaillée des formations lunaires complètent utilement le texte.

Principles of numerical analysis, par Alston S. Householder. 1 vol. 15 ×23, 270 p. McGraw-Hill, Londres et New-York, 1953. Prix : relié, 45 sh., $ 6.00.

Exposé largement théorique des méthodes modernes de calcul numérique, cet ouvrage se propose d'en réunir les bases en un ensemble autonome. Dans le dessein d'atteindre un large auditoire on y a repris la théorie des déterminants et matrices et la théorie des équations ; seuls sont supposés connus les éléments de la théorie des fonctions d'une variable complexe. Le livre contient un certain nombre de développements récents tels que ceux concernant la méthode Marte Carlo ; il intéressera les nombreux scientifiques qui voient dans les progrès du calcul numérique, un des problèmes fondamentaux de la science moderne.

Einführung in die Physik. Erster Band : **Mechanik, Akustik und Wärmelehre,** par R. W. Pohl. 1 vol. 17×24. 345 p., 575 fig. Springer-Verlag, Berlin, 1953. Prix : 23,8 DM.

Premier tome d'une « Introduction à la physique », le livre du professeur Pohl est peu différent, quant au niveau, des cours de preparation aux grandes écoles édités en France. Mais il s'en écarte profondément, dans l'esprit, par la place accordée à l'illustration expérimentale des théories. De nombreuses expériences aisément reproductibles sont systématiquement décrites à propos de chaque question. Une illustration abondante, en grande partie photographique, vient éclairer et égayer un texte qui, sans être aride, n'en conserve pas moins une haute tenue scientifique. La lecture de cet ouvrage original et attachant sera profitable à tous ceux qu'intéresse la physique.

Signal, Noise and Resolution in Nuclear Counter Amplifiers, par A. B. Gillespie. 1 vol. in-8°, 155 p. Pergamon Press Ltd, Londres. Prix : 21 shillings.

Ouvrage appartenant à une série de monographies « Electronic and waves ». Après un bref rappel concernant les différents types de compteurs à particules, l'auteur étudie le signal donné par les chambres à ionisation, le bruit de fond dans les lampes et les résistances, le rapport du signal au bruit de fond et la sensibilité des amplificateurs. Un chapitre est consacré aux compteurs à multiplicateurs et à scintillations. Nombreux schémas et graphiques

Vorträge über Kosmiche Strahlung, herausgegeben von Werner Heisenberg. Max Planck Institut für Physik. 1 vol. 16×25, 620 p., 256 fig. Springer-Verlag, Berlin, 1953. Prix : relié, 78 DM.

Depuis la première édition de cet ouvrage en 1943, les connaissances concernant le rayonnement cosmique ont considérablement progressé. Cette seconde édition est issue comme la première de colloques tenus à l'Institut Max Planck sous la présidence de Werner Heisenberg dans le dessein d'accorder les points de vue des différents spécialistes. Après une introduction rédigée par Heisenberg et donnant une vue d'ensemble des connaissances actuelles sur les rayons cosmiques, un certain nombre de questions sont traitées par différents spécialistes. L'ouvrage n'a donc pas la prétention de passer une revue complète de la question, mais, dans la mesure du possible, d'en mettre au point certains aspects. C'est à ce titre qu'il sera précieux pour le physicien désireux de mettre à jour ses connaissances en la matière.

Les hyperfréquences : circuits et propagation des ondes, par R. Rigal, ingénieur général des télécommunications, directeur des études à l'École nationale supérieure des télécommunications. Préface de L. de Broglie. 1 vol. 16×25, 240 p. Eyrolles, Paris, 1953. Prix : 1 800 F.

Dans cet ouvrage, notre éminent collaborateur reprend un cours sur les hyperfréquences professé aux ingénieurs élèves à l'École nationale des télécommunications. Les hyperfréquences, dernières nées de la radioélectricité, ont renouvelé l'aspect de cette science, ouvrant un vaste domaine d'investigations théoriques et techniques. L'avenir ne fera qu'affirmer leur importance. Cet ouvrage rigoureux et facilement accessible rendra les plus grands services aux jeunes ingénieurs et physiciens qui veulent s'initier à ces problèmes d'un intérêt si actuel.

History of the theories of aether and electricity, par E. Whittaker. 1 vol. in-8°, 319 p. Thomas Nelson, Londres, 1953. Prix : relié, 32 sh. 6 d.

Dans un premier volume publié en 1951, le professeur honoraire au Trinity College de Cambridge avait exposé l'histoire des théories classiques de l'éther et de l'électricité jusqu'à la fin du XIXe siècle, quand on constata l'impossibilité d'observer le mouvement de la Terre par rapport à l'éther. Le présent ouvrage est consacré à l'histoire des théories modernes apparues de 1900 à 1926 : radioactivité, relativité, quanta, gravitation, mécanique ondulatoire, etc. L'abondance et la richesse des découvertes et des travaux durant cette période a bouleversé toutes les conceptions classiques ; l'auteur suit pas à pas l'évolution des théories de la physique mathématique et leur évolution difficile à la poursuite de la réalité et de la vérité. Un troisième volume exposera les données les plus récentes.

Introduction à l'électronique, par P. Grau. 1 vol. in-8°, 224 p., 204 fig. Dunod, Paris, 1954. Prix : 1 650 F.

L'électronique permet tant de transmissions, d'amplifications, de commandes, de contrôles que ses progrès foudroyants l'ont fait pénétrer dans tous les domaines industriels et même dans la vie domestique. Il est devenu impossible aux ingénieurs et aux techniciens d'en ignorer l'essentiel. Au moment où ses applications assurent le développement de la radio, la télévision, les télécommunications, l'enregistrement des sons, et plus encore celui des servomécanismes qui préfigurent les usines automatiques d'un proche avenir, ce livre est bienvenu. Il est accessible à tous les ingénieurs, aux techniciens et même au public cultivé ; il permet de faire le point d'un domaine nouveau dont il n'est pas excessif de dire qu'il dominera toute notre vie de demain.

Atmospheric Electricity, par B. F. J. Schonland. 2e édit. revue et corrigée. 1 vol. in-12°, 95 p. Methuen and Co., Londres, 1953. Prix : entoilé, 7 sh., 6 d.

L'ionisation de l'atmosphère, le champ électrique et les courants électriques dans l'atmosphère, la charge électrique des nuages d'orage, l'éclair, le mécanisme de l'électrification des nuages sont les divisions de ce livre très dense qui, en fait, envisage tout ce qui concerne l'électricité atmosphérique tout autour de la terre. Bibliographie. Figures au trait.

La spectroscopie d'émission, par P. Michel. 1 vol., 225 p. Collection Armand Colin, Paris, 1953. Prix : 250 F.

L'auteur dégage les notions physiques de base qui permettent de comprendre la formation des spectres et le fonctionnement des appareils utilisés. En permettant l'analyse qualitative et quantitative précise et rapide de la plupart des matériaux, la spectroscopie a une grande importance industrielle. L'auteur expose les méthodes mises en jeu. Notre curiosité est aussi satisfaite au sujet de questions connexes : émulsion photographique, cellules photoélectriques, microdensitomètres.

Low Temperature Physics, par C. F. Squire. 1 vol. in-8°, 244 fig. McGraw-Hill, New-York et Londres, 1953. Prix : 46 sh. 6 d.

Ce volume des « International Series in Pure and Applied Physics » fait le point des plus récentes connaissances dans le domaine des très basses températures. Un exposé théorique de l'état de la matière précède l'étude du comportement des superconducteurs, des perméabilités magnétiques, des propriétés quantiques de l'hélium gazeux et liquide et des dernières techniques de production des très basses températures. Des références bibliographiques précisent les travaux originaux.

Cours de physique industrielle, par A. Mondiez. Tome I : Écoulement des fluides. Transmission de la chaleur. 1 vol. 17×25, 680 p., 196 fig. Gauthier-Villars, Paris, 1954. Prix : 4 800 F.

Le livre de M. Mondiez avait été, dès sa publication, honoré d'un prix de l'Académie des Sciences. Cette seconde édition, suivant la première à moins de six ans d'intervalle, montre le succès qu'a déjà obtenu cet ouvrage. M. Mondiez, se plaçant à un niveau élevé, s'est efforcé de développer des théories s'adaptant de façon rigoureuse aux problèmes techniques, de diminuer, selon sa propre expression, « l'écart qui existe toujours entre ce que l'on est convenu d'appeler la science pure et la science appliquée ». Lorsque les théories restent incomplètes, l'auteur présente une critique serrée des conditions d'emploi. Des tables numériques ont été calculées pour faciliter l'utilisation des formules proposées. Par rapport à l'édition de 1947, ce cours a été augmenté d'études originales concernant la transmission de la chaleur à travers les parois et d'un chapitre traitant de la transmission de la chaleur en régime variable. Ouvrage de grande valeur, riche de l'expérience d'un auteur qui a souvent contribué à éclaircir les problèmes qu'il traite.

Éléments de théorie des machines frigorifiques, par F. Ghilardi. 1 vol. 16,5×25, 128 p., 68 fig. Eyrolles, Paris, 1954. Prix : broché, 790 F.

La littérature technique était privée jusqu'à ce jour d'un ouvrage traitant des machines frigorifiques d'un point de vue à la fois théorique et élémentaire. L'ouvrage de M. Ghilardi comble heureusement cette lacune. L'exposé en sera facilement assimilé par tous ceux qui connaissent la notation différentielle. Il s'agit en effet d'un ouvrage court et de lecture facile qui rendra aisé l'apprentissage des bases de la technique du froid.

Hydraulique technique, par C. Jaeger. Traduit de l'allemand par Marie Laronde. 1 vol. 16×25, 510 p., 303 fig. Dunod, Paris, 1953. Prix : relié, 4 900 F.

Dans ce remarquable ouvrage de synthèse, l'auteur, opérant un choix dans le champ très vaste de l'hydraulique, a rassemblé tous les procédés de calcul nécessaires à l'établissement des projets de centrales. Après un rappel succinct de notions classiques et un exposé sur les pertes de charges, une partie de l'ouvrage est consacrée à l'étude des écoulements permanents, variés, à surface libre. L'auteur examine ensuite les écoulements non permanents. Une large place est consacrée au problème des oscillations en masse dans les cheminées d'équilibre. Le problème du coup de bélier est traité de façon approfondie en même temps que celui de la régulation des turbines. Suit une étude sur la propagation des ondes dans les canaux et sur les centrales souterraines. La dernière partie de l'ouvrage traite de l'écoulement des nappes d'eau souterraines.

L'exposé comporte un historique et de nombreuses références bibliographiques donnant au lecteur la possibilité de parfaire sa connaissance du sujet traité. La partie théorique est illustrée d'exemples concrets choisis parmi les réalisations les plus marquantes. Les travaux les plus récents y sont abordés et dans la plupart des problèmes envisagés l'apport de l'auteur est considérable. L'ensemble est caractérisé par la netteté de l'exposé et par la richesse de la documentation.

Manuel de l'ingénieur, Hütte. Tome III. 1 vol. in-8°, 1472 p., 2086 fig., 215 tb. Béranger, Paris, 1953. Prix : relié, 5 280 F.

Ce troisième tome est consacré à l'étude des sujets suivants : statique et principes des constructions, construction des ponts, constructions au-dessus du sol, installations d'usines, chauffage et ventilation, construction des routes, planning et édification urbaine, matériel de construction, fondations, ouvrages hydrauliques, barrages, usines hydroélectriques, alimentation et évacuation des eaux. Il est traduit de la 27e édition allemande. Il a été complètement refondu et tient compte des besoins actuels de la technique et particulièrement de la reconstruction.

Matières plastiques. 1 vol. 13×21, 298 p., 35 fig. Presses documentaires, Paris, 1953. Prix : 1 500 F.

Cours professés par un groupe d'ingénieurs aux élèves du Centre technique d'enseignement ouvrier. Après une introduction définissant les matières plastiques, une série de monographies présente ces produits devenus nombreux et précise leurs qualités et leurs usages. L'exposé clair et didactique est destiné aux agents de maîtrise et aux ouvriers qualifiés.

Cours de chimie industrielle. IV. Industries organiques, par G. Dupont. 1 vol. in-8°, 476 p., 106 fig. Gauthier-Villars, Paris, 1953. Prix : 3 200 F.

Le premier volume traitait des généralités et des combustibles, le deuxième des industries minérales, le troisième, actuellement sous presse, de la métallurgie ; le présent volume est consacré aux industries organiques. Il débute par un exposé des méthodes générales et indique les divers moyens d'obtenir un dérivé déterminé ; il examine la synthèse totale organique, les produits de base, les corps gras et cires, les industries des glucides, celles dérivées du bois, cellulose, etc., les produits pharmaceutiques. Un 5e volume traitera des matières colorantes, des plastiques, des parfums, des résines, des peintures, etc. Les progrès considérables réalisés pendant la dernière guerre et depuis ont surchargé un tel cours, mais l'auteur a su maintenir un exposé didactique appuyé sur une documentation sûre et complète allant jusqu'aux méthodes les plus modernes ; une bibliographie de base suit chaque chapitre.

Toute l'imprimerie, les techniques et leurs applications, par Fernand de Laborderie et Jean Boisseau. 1 vol. 13×21, 343 p., 82 fig. Dunod, Paris, 1954. Prix : 1 450 F.

Nos lecteurs retrouveront dans ce livre, de façon plus complète quant à leurs techniques et à leurs utilisations, les différents procédés d'impression exposés dans cette revue par F. de Laborderie depuis 1946. Ainsi, pour la typographie, on pourra suivre toutes les opérations qui vont de la fabrication des caractères à la sortie de la feuille imprimée : composition à la main ou à la machine (monotype, linotype, etc.), mise en placards, mise en pages, imposition, impression, avec la description des principaux types de machines à imprimer. La taille-douce, l'héliogravure, la lithographie, l'offset, la phototypie, l'impression au cadre de soie, l'aniline, sans oublier de vieux procédés comme le tampon, le pochoir ou la planche (cette dernière encore employée pour les papiers peints et les étoffes) sont présentés avec les variantes qu'exigent les diverses matières sur lesquelles on imprime : papier, carton, étoffes, métal, céramique, verre, matières plastiques, etc. Nombreuses indications sur la préparation des encres et des couleurs, le brochage et la reliure des livres, l'impression des journaux, registres, cartes postales, carte de géographie, musique, décalcomanies, etc. Des chapitres sur l'orientation nouvelle des industries graphiques (clichés en matières plastiques, machines photomécaniques pour composer et élec-

troniques pour graver, tirage par attraction électrique...), sur les prix et les usages professionnels, sur l'histoire de l'imprimerie, terminent ce livre, auquel il ne manque peut-être que de signaler l'industrie nouvelle des circuits électriques imprimés.

Traité de paléontologie, publié sous la direction de Jean Piveteau. Tome III. Les formes ultimes d'Invertébrés. Morphologie et évolution. 1 vol. in-8°, 1063 p., 1275 fig., 17 pl. Masson, Paris, 1953. Prix : cartonné, 10 320 F.

Tandis que le *Traité de zoologie* rassemble nos connaissances sur le monde animal, celui de paléontologie, dont les trois premiers tomes sont parus, fait l'inventaire des animaux du passé, dont des restes ont été retrouvés, souvent difficiles à interpréter et à classer. Voici la fin des Invertébrés : les Onychophores terrestres aux caractères d'Annélides et d'Arthropodes ; les Proarthropodes où l'on groupe des formes singulières : les rares Mérostomoïdes, Pseudocrustacés, Marellomorphes et les abondants Trilobites des temps primaires ; les Crustacés de tous ordres, les Myriapodes, les Insectes, les Mérostomes et les Arachnides ; puis les Échinodermes, dont 5 classes ont des représentants actuels et autant d'autres sont éteintes ; les Ptérobranches, dont sont probablement voisins les Graptolithes des temps primaires. Il y a beaucoup à apprendre et à méditer d'une telle accumulation de faits, heureusement rassemblés et présentés. On attend avec impatience les tomes suivants qui conduiront des premiers Vertébrés à l'Homme.

The story of the oceans, par John Scott Douglas. 1 vol. in-8°, 272 p., 15 pl. Frederick Muller, London, 1953. Prix : relié, 15 shillings.

La mer est si grande, si belle, si riche qu'on n'en aura jamais fini de conter ses merveilles. Voici un nouveau livre consacré à son histoire et à ses histoires. L'auteur raconte comment l'homme la découvrit et l'explora, les fonds, les marées, les tempêtes, les courants et aussi les plantes, les bêtes depuis les plus petites, les plus étranges jusqu'aux poissons, aux phoques et aux baleines, toute la ménagerie ou toute la famille. C'est une chronique étonnante et joliment écrite.

L'éléphant de mer, par L. Harrison Matthews. 1 vol. in-16, 199 p., 12 pl. Collection « Les livres de nature ». Stock, Paris, 1953. Prix : 480 F.

Ayant passé trois ans dans les mers du Sud pour étudier les baleines et les phoques, puis devenu directeur du « Zoo » de Londres, l'auteur est un biologiste plein d'allant et d'esprit qui se plaît à conter ici ses exploits passés. L'expédition à laquelle il participa eut des mésaventures allant jusqu'au naufrage, mais elle lui révéla, entre autres, la vie des éléphants de mer, ces phoques énormes dont les mâles atteignent 5 m de haut, s'organisent un harem, une tribu où les jeunes ont tous les charmes de la jeunesse...

Dix mètres sous la mer, par Bernard Gorsky. 2e édition. 1 vol. in-8°, 198 p., fig. hors texte. Plon, Paris, 1953. Prix : 690 F.

Enthousiaste de la chasse sous-marine, l'auteur décrit l'aspect merveilleux des eaux et des fonds, les poissons qu'on y rencontre, petits et gros, les aventures de leur chasse, et pour finir, le film cinématographique en couleurs et les recherches archéologiques sous l'eau. Récits vivants et exacts qui donnent envie de plonger.

L'exploration sous-marine, par Philippe Diolé. 1 vol. in-16, 120 p. Collection « Que sais-je ? ». Presses Universitaires de France, Paris, 1953. Prix : 150 F.

Cela devient une passion et bientôt il faudra une bibliothèque pour grouper tous les écrits qu'elle inspire. Celui-ci est une consciencieuse mise au point des plongées du passé, des techniques récentes, de ce qu'on en tire ou en espère dans tous les domaines : ressources en nourriture, en énergie, en matières premières, archéologie, découvertes géographiques et biologiques. L'auteur voit peut-être un peu grand en rêvant de se promener bientôt sur tout le plateau continental, d'aller plus loin et plus bas. Mais sa documentation est convenable, son expérience réelle et sa prudence louable.

La vie étrange des rivages marins, par Ed. Le Danois. 1 vol. in-4°, 191 p., 24 fig. et cartes, 80 pl. en héliogravure et 16 en héliogravure en couleurs. Horizons de France, Paris, 1953. Prix : relié, 2 950 F.

L'auteur est un Breton et un marin. Il a bourlingué sur toutes les mers, séjourné dans tous les laboratoires maritimes, dirigé longtemps l'Office des Pêches. C'est dire que la mer littorale n'a guère de secrets pour lui. Il sait dessiner et peindre aussi bien que décrire et il a rassemblé ici ses plus belles aquarelles, les photographies en noir et en couleurs les plus extraordinaires, reproduites en hélio, pour révéler ce monde étrange où les plongées commencent seulement à montrer à tous l'étonnante diversité des formes, la richesse des couleurs, les modes de vie imprévus. Il fait défiler les roches, les sables, les vases des côtes atlantiques, les fonds méditerranéens et leurs habitants en liberté dans leur milieu. C'est un régal d'art à la maison, un guide pour les futures vacances, un beau livre d'étrennes pour les amateurs de la nature vivante.

Les poissons singuliers, par Léon Bertin. 1 vol. 13×21, 175 p., 57 fig. Dunod, Paris, 1954. Prix : 750 F.

Pour notre divertissement et pour le sien sans doute, mais aussi pour éveiller notre curiosité, le professeur d'ichthyologie au Muséum a rassemblé ici les singularités les plus marquantes du vaste monde des poissons, qu'il a classées par « spécialités ». Il y a les poissons qui se dissimulent en changeant de couleur, ceux qui se défendent ou attaquent par le venin ou par l'électricité, ceux qui font des escapades hors de l'eau, soit en volant, soit en rampant ou marchant, voire en grimpant aux arbres ; chez beaucoup, une certaine respiration aérienne est rendue possible par des dispositions spéciales des branchies, mais d'autres, qui passent la saison sèche dans la boue des marigots taris, ont des rudiments de poumons, et voilà évoqué le grand problème du passage de la vie aquatique à la vie terrestre. Il y a les poissons aux bouches démesurées qui pêchent à la nasse, parfois complétée par une ligne ! Il y a ceux qui font de la lumière et ceux qui font du bruit, le poisson-pilote, le poisson à ventouse... La reproduction, la construction des nids, l'élevage des jeunes donnent lieu à maintes étrangetés ; la moindre n'est pas ce mâle qui vit en parasite minuscule sur son énorme femelle. Il y a enfin les charmeurs et les monstres, les mangeurs d'hommes, les poissons de l'histoire et de la légende et jusqu'aux poissons momies des Égyptiens. Tout cela est conté avec esprit et bien agréablement.

Souvenirs d'un pêcheur en eau salée, par Auguste Dupouy. 1 vol. in-8°, 215 p., 25 dessins par Mathurin Méheut. Arthaud, Grenoble, 1953. Prix : 690 F.

Naviguant et pêchant depuis sa jeunesse dans les eaux dangereuses de Saint-Guénolé et Penmarc'h, et aussi un des meilleurs témoins de la Bretagne maritime, de ses ports, de ses pêches, l'auteur est actuellement l'écrivain le plus connu de toute la côte de l'ouest. Il ajoute ici à son œuvre ses souvenirs de mer, si réels, si vivants, si précis qu'il envoûte et qu'on imagine cette vie extraordinaire, passionnante, sur l'eau, tantôt calme ou déchaînée, au soleil comme dans la brume et la nuit, des trous du large riches en poissons au port de refuge à travers courants, brisants, dangers innombrables que les pêcheurs connaissent et affrontent sans s'effrayer. Méhent évoque paysages, scènes et bêtes d'un trait également évocateur.

Préhistoire de l'Amérique, par S. Canals Frau. 1 vol. 14×23, 345 p., 90 fig. Payot, Paris, 1953. Prix : 1 200 F.

L'école nord-américaine de Hrdlicka évaluait à 10 000 ans l'ancienneté de l'homme en Amérique et voulait que le passage se fût fait uniquement par le Détroit de Behring, dont la largeur ne réclame pas de très hardis navigateurs. Tous les documents réunis aujourd'hui permettent de faire remonter le premier peuplement à 25 000 ans au moins. Après un examen critique des principales théories, le professeur à l'Université de Buenos-Aires montre que, ni corporellement, ni par leurs langues et leurs civilisations, les peuples précolombiens ne peuvent être considérés comme dérivant d'un type unique. Quatre courants de peuplement au moins peuvent être distingués : le premier amené des paléolithiques par le nord ; le second des piroguiers mésolithiques suivant les côtes ; le troisième des néolithiques mongoloïdes venus d'Indonésie par la voie maritime ; le quatrième, un peu avant notre ère, apporta, par la Polynésie, les éléments des hautes civilisations du Mexique et du Pérou. L'auteur voit même dans l'Inde l'origine des derniers colonisateurs préhistoriques de l'Amérique. On lit avec grand intérêt cette reconstitution hardie mais qui se fonde sur des faits autrement inexplicables.

PETITES ANNONCES

(165 F la ligne, taxes comprises. Supplément de 100 F pour domiciliation aux bureaux de la revue).

SERIONS ACHETEURS des collections ci-après de *La Nature* :

1875 : 1er semestre.	1918 : 2e semestre.
1876 : 1er »	1919 : 1er »
1877 : 1er »	1939 : 1er »

Faire offres sous n° 145 aux bureaux de la Revue.

A VENDRE : 1° Microscope Carl Zeiss Iéna, plat. carr., char. microm. Ocul. × 7, 10, 15, 20. Objectifs : Verick n° 2, Stiassnie n° 7, C. Zeiss I. apochrom. 2 mm 90, 1, 3. Chambre claire. — 2° Revue *La Nature*, nos 3083, 3085, 3089 à 3145, 3147, 3148, 3150 à 3166, index alphabétique année 1946. Faire offres sous n° 146, aux bureaux de la revue.

Le gérant : F. Dunod. — dunod, éditeur, paris. — dépôt légal : 2e trimestre 1954, n° 2596. — Imprimé en France.
barnéoud frères et Cie, imprimeurs (310566), laval, n° 2960. — 6-1954.

Le gérant : F. DUNOD. — DUNOD, ÉDITEUR, PARIS. — DÉPÔT LÉGAL : 2[e] TRIMESTRE 1954, N° 2596. — IMPRIMÉ EN FRANCE.
BARNÉOUD FRÈRES ET C[ie], IMPRIMEURS (310566), LAVAL, N° 2960. — 6-1954.